天文爱好者手册

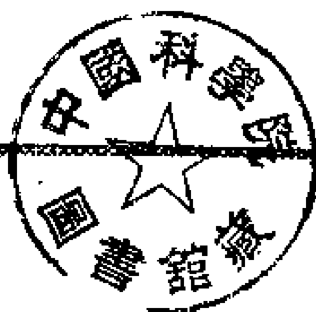
[illegible]

科学出版社

天文愛好者手冊

П. Г. Куликовский 著
中國科學院紫金山天文台譯

科 學 出 版 社
1 9 5 6



天 文 愛 好 者 手 冊

翻譯者　中國科學院紫金山天文台
校訂者　張 鈺 哲　孫 克 定
出版者　科 學 出 版 社
北京東皇城根甲42號
北京市書刊出版業營業許可證出字第061號
印刷者　上海中科藝文聯合印刷廠
總經售　新 華 書 店

1956年9月第一版　書號:0481　字數:392,000
1956年9月第一次印刷　開本:850×1168 1/32
(滬) 0001—3,755　印張:14 15/16　插頁:23

定價:(9) 3.30 元

中文版代序

本書作者所遵循的意圖已於俄文版序言中清楚地說明了，故今不另敍述。我十分感謝中國科學院紫金山天文台翻譯小組認爲“天文愛好者手冊”一書值得譯成中文。中國是在不可記憶的年代裏就誕生了天文學的偉大國家；是過去曾獻出了許多傑出的天文學家而今日又擁有良好的天文台和著名的專家的國家。我深信在中華人民共和國成立後的今天已創造了爲廣泛地發展對研究星辰科學興趣和爲引導廣大羣衆嚴肅地科學地研究天文現象的一切前提。

我十分榮幸此書能担當這一高尚的任務，並認爲是偉大的蘇聯人民和偉大的中國人民牢不可破的友誼永存之新證明。人類活動的各方面的友好合作和互相援助乃是達到擺在我們兩大國家面前的光輝目標的最好方式。謹祝全體從事於天文工作者——包括專家和愛好者——在其全部事業中獲得最大的成就，並祝大家身體安康。

1954 年 9 月 9 日

蘇聯，莫斯科

П. 庫利考夫斯基

第二版原序

蘇聯共產黨第十九次代表大會所提出的建設共產主義偉大計劃中，在最近將來的任務之一是消滅現存的腦力勞動與體力勞動的差別的這一艱巨而又持久的任務。要完成這項任務必須用一切方法在各方面提高體力勞動者的一般文化水平和專門技術知識水平。進行這項工作的一種方式是加深和擴大對科學和技術已經感到興趣的科學愛好者的專門知識。必須提高宣傳科學知識的水平，吸收聽衆和讀者參加科學和技術的發展工作，逐步把最積極的業餘愛好者培養成專家。

對科學的單純的興趣可以轉變成爲正式的熱愛，天文愛好者在具備了必須的知識和技能之後成爲專家，這在天文學的歷史中，已有不少這樣的例子。許多傑出的蘇聯天文學家，都來自業餘愛好者。我們的任務是要用一切方法來促進由天文愛好者轉變成正式的科學工作者的過程，還要用一切方法來增加天文愛好者和天文工作者的數量。

"天文愛好者手册"的改編，爲的是擴大讀者的眼界，促使讀者了解現代天文學的關鍵問題，并使具有簡單觀測工具的讀者，也能够參與科學問題的研究。因此，這本"手册"的各部分都有一些擴充，增加了一系列的新材料，例如：星協、無線電天文學、新的光譜分類法、太陽系的起源、恆星的起源、觀測誤差、隕石的收集以及一些其他的材料。經過擴充的包含天文學發展簡史的緒論後面，增加了天文發現和成就的簡明年表。參考表的部分已重新審閱，并加以補充。增加了許多新的插圖。星圖歸入專門的附錄。Н. П. 庫卡金娜（Кукаркина）應我的要求爲一些新加的特殊變星繪製了附近星野的圖，并編製了比較星表。Б. Ю. 列文（Левин）把他爲第一版所寫的流星觀

測一節重加審閱并作了補充，他還增補了流星輻射點表。

由於 B. Г. 費森科夫院士的盛意幫助，使這本"手册"能够採用在阿拉木圖用大型彎月形透鏡望遠鏡所攝得的許多優良照片。

我盡量採納了所有人的批評和建議，他們答應了我的要求；我還採納了參加全蘇天文測地協會莫斯科分會天文學部在 1953 年 4 月特别組織的討論會的人們所提出的意見。我還應當提到，這本"手册"相當廣泛地被教師們採用，因此也考慮了他們的一些願望。

我非常感謝所有在本書第二版的編寫過程中給我幫助和協助的人們。

若有任何意見和要求，請寄國立技術理論文獻出版社天文文獻編輯部［第 15 號，Б. 卡盧斯卡婭 (Калужская)］或直接按下列地址寄給作者：Москва. 57. Ново-Песчаная ул., д. з, кв. 39。

1953 年 5 月

П. 庫利考夫斯基

第一版原序摘要

這本"天文愛好者手册"畢竟不能代替普通天文學教科書，也不能代替參考書目中所列舉的書籍。雖然本書力求對天文學的基礎知識(第三章)依次作連貫的說明，并對現代關於宇宙的知識(第一章)給予綜合的概述，但這本"手册"并沒有，也不可能對各項問題的一切細節都作出完整詳盡的敍述。在本書中經常用到要在後面有關章節中才加以解釋的術語和概念，這從方法論的觀點來看，是一般書籍所不能容許的。遇到這樣的情況，書中特別註明，使讀者可以找到所需的材料。在本書中也有一些東西難免會在不同的地方重複談到。

第四章簡略地敍述一下天文觀測，這些觀測工作是具有簡單的光學儀器的天文愛好者所能進行的，並且也都有一定的獨立的科學價值。因此，在這一章中幾乎沒有提到某些本身很有趣味，但在科學上并沒有價值的觀測工作。

在參考表和附錄中，編者竭力搜集所有對天文愛好者的實際活動有用的資料，甚至也列入了一些純數學性的參考表。

我謹向蘇聯科學院通訊院士 A. A. 米哈依洛夫(Михайлов)教授和蘇聯科學院通訊院士 C. H. 勃拉日科(Блажко)教授，M. E. 納勃科夫(Набоков)教授和數理科學博士 Б. В. 庫卡金(Кукаркин)致以深切的謝意，感謝他們的友善的批評和寶貴的指示。我非常感謝 П. Н. 霍洛波夫(Холопов)，感謝他允許轉載星圖，這星圖的原版是 1946 年"天文曆"(Астрономический календарь)上所載的袖珍星圖。

敍述流星觀測和觀測資料整理方法的一節特請 Б. Ю. 列文撰寫，我還應當感謝他對編輯流星羣表的幫助。

1948 年

П. 庫利考夫斯基

目　次

表

附　　錄

"鳥的翅膀無論多麼完美，如果不依靠空氣，
它就不能使鳥身飛起。事實就是科學家的空氣。
沒有事實，你們永遠也不能夠飛起來。"

И. П. 巴甫洛夫院士

緒　論

天文學是研究天體和宇宙的結構與演化的科學。天文學是一門數理科學，它利用數學、物理學和技術科學的成就，來研究圍繞着我們的廣闊無垠的物質宇宙，宇宙的一部分便是我們所在的這一個行星——地球，以及許多其他的"天"體。

天文學可以劃分爲若干個領域和部門，但這種劃分並不是絕對的。

實用天文學研究天體在天球上位置的測定方法，由天體觀測測定地面位置的方法，以及所用天文儀器的理論。

球面天文學研究天體的視位置和視運動，以及某些物理現象——如光線在大氣中的折射，地球的自轉和運動——對天體的視位置和視運動所生的影響等。球面天文學運用球面坐標（參閱 174 頁）和天球上各種天文三角形的邊與角之間的關係。有時將實用天文學和球面天文學合成爲一門科學——**天體測量學**或**位置天文學**。天體測量學的基本任務是編製載有用最精密方法所測定的恆星位置的星表，供給以後研究恆星和恆星系運動的需要。基本的天體測量表對研究太陽系內天體的運行也很重要。大地測量和製圖工作、授時、地理坐標的測定和航海都必須使用星圖。

理論天文學研究行星、彗星和其他天體的軌道計算方法，以及預測這些天體的位置（計算星曆表）的方法。

天體力學研究天體在相互吸引作用下的運動規律，還研究天體的形狀和測定天體質量的方法。天體力學也研究運動的最普遍的性質。

天體物理學研究天體內部構造和物理性質，太陽、恆星和行星的大氣、化學成分與狀態，恆星和太陽能量的來源，星際空間的瀰漫物質。實測天體物理學敍述各種天體物理觀測的技術及其所用儀器的理論。理論天體物理學以所有的觀測資料和物理規律作基礎，研究天體內部構造及其能量來源、恆星大氣的結構和成分，以及恆星的演化。

恆星天文學運用上述天文學各部門的研究結果，用統計方法研究恆星的分佈和運動，我們所在的恆星系——銀河系，其他的銀河系以及所有已知銀河系的總體——所謂的總星系的結構；換句話說，卽是研究宇宙的整個已知部分的結構。

天體演化學專門研究天體［恆星、太陽、行星（包括地球在內）］的起源和演化，以及恆星系的起源和演化。天體演化學依據各個專業的天文學家所纍積的大量的觀測資料以及理論物理學的成就，由此得出論斷和結論。地球起源問題的研究，使天文學與地質學、地球物理學以及地球化學接近起來。

某些類型天體的研究已成了天文學的獨立分支，如像有時所謂的彗星天文學、流星天文學、行星天文學等。地理坐標用天文方法的測定，稱爲大地天文學；航船在海洋中位置的測定，稱爲航海天文學；飛機在空中的天文定向法，稱爲航空天文學。

天文學在人類文化的初期已經誕生。人類對天文現象的興趣以及有系統的天象觀測，都產生在沒有留下任何文字記載的遠古時代。生活的實際需要促使人類專門研究天文學，使它成爲一門科學。

恩格斯寫道："必須研究自然科學各個部門的順次的發展。首先是天文學——單單爲了定季節，遊牧民族和農業民族就絕對需要它。"（"自然辯證法"，人民出版社，1955，第149頁）時間的計算、年代的計量、地面位置的測定、陸地和海洋上旅行時方向的確定——這些都是出現在古代天文學家面前的實際問題，但這還不是全部。

"測定尼羅河氾濫周期的需要促成了埃及天文學的創立，但同時

也造成了宗教祭司在指導農業生產中的統治地位。"("馬克思恩格斯全集",俄文版第17卷,第562頁)實際上,在古代世界——在埃及,在亞述和巴比倫以及在其他國家——天文學都掌握在術士們的手裏,他們由千百年有系統的天象觀測中蘊積了大量的天文知識。在中國,遠在紀元前1100年,已經有了專業的天文家,他們已經能够預測日月食。在紀元前四世紀,中國的天文學家石申,編製了世界上最早的星表,記載了800個恆星的位置。仔細觀察了月相的變化,日食和月食的循迴出現,以及行星在恆星之間的運行,古代的天文學家已經能够預報這些天文現象。

在數學尤其是幾何學廣泛發展的古希臘,已經精確知道行星在恆星之間視運動的規律。在紀元前二世紀,希臘人依巴谷編製了第二本星表,它包括1022個恆星。希臘人已經企圖建立宇宙構造的總概念,可是一些希臘哲學家[例如紀元前三世紀的亞利斯塔克(Aristarchus)]天才地認爲地球繞太陽運動的假設竟被人遺忘,於是在一千五百多年的長時期中,天文學就依據着地心系統宇宙觀,這種宇宙觀的最終形式是托勒玫(Claudius Ptolemæus)(大約87—165年)在二世紀確立的。照托勒玫的著作"天文集"的說法,地球位於宇宙的中心,而爲了解釋行星的複雜的圈圈形視運動,附加了補助圓——本輪,本輪的中心在主圓——均輪上繞地球運行,而且本輪和均輪的平面並不重合。在托勒玫的系統中指出了行星運動的下列特徵:首先,內行星——水星和金星沿均輪運轉一周和外行星——火星、木星和土星沿本輪運轉一周的時間相同——都是一年;其次,水星和金星本輪的中心位於聯結在地球和太陽的直線上,而這條直線與從外行星本身聯結所有外行星本輪中心的諸直線相平行。到後來,行星觀測愈精確,本輪系統就愈複雜和愈煩瑣。

在中世紀,歐洲的科學陷入停滯狀態,天文學在東方國家得到了發展。在第八世紀到十五世紀,中亞細亞各民族的天文學家對科學作出了巨大的貢獻。特別應當提到的是偉大的東方百科全書學者比魯尼(Бируни,973—1048),早於十一世紀在他的著作中就談到用

地球繞太陽運轉和地球的自轉來解釋一切複雜的行星視運動的可能性。奧馬爾·哈雅莫(Омар Хайям, 1048—1122)設計了一種可能比格里曆還要精密的曆法，在他的著作中還談到宇宙在空間和時間上的無限性。撒馬爾汗(Самарканд)的執政者烏盧別克(Улугбек, 1394—1449)是當時最偉大的科學家。他創立了一個設有巨型量角儀器的優良天文台，在他的指導下編製了記載1018顆恆星新位置的星表和行星運動表。

在十六世紀中葉，天才的波蘭學者尼古拉·哥白尼(1473—1543)在他的偉大著作"天體運行論"*中，創立了正確的宇宙觀，把太陽放在行星系的中心，從而否定了地球的唯我獨尊的中心地位。行星運動的一切特徵都得到了自然的解釋。哥白尼所作出的變革不只是在天文學中具有巨大的意義。"自然科學用來宣佈其獨立並且好像是步路德焚燒教諭後塵的革命行為，便是哥白尼那本不朽著作的出版，他用它(雖然很胆小而且可說是只在臨死的牀上)來向教會在自然事物方面的權威挑戰。"(恩格斯，"自然辯證法"，人民出版社，1955年第6頁)

哥白尼的著作，特別是由新的宇宙系統所得的有生命的世界不只一個的哲學結論，受到教會的迫害。新學說的熱烈捍衛者，意大利科學家和哲學家約爾丹諾·布魯諾(Giordano Bruno, 1548—1600)在1584年出版了他的名著"論無限性、宇宙和世界"，他在1600年2月17日在羅馬受火刑而犧牲。偉大的意大利科學家伽利略·伽利萊(Galileo Galilei, 1564—1642)也只爲了捍衛和宣傳哥白尼的學說而受到迫害。1610年1月7日伽利略第一次把望遠鏡(他自己獨立發明的望遠鏡)指向天空，因此使它變成天文望遠鏡。他發現了月亮上的山、太陽表面的黑子、金星的盈虧、木星的衛星，他還發現銀河發光的眞實原因是由於許多微弱的恆星匯集而成。伽利略的發現使天文學開始了一個新時代——望遠鏡天文學時代，克普勒(Johannes

* "De Revolutionibus Orbium Coelestium" (1543).

Kepler, 1571—1630）發現了著名的行星運動定律，最後牛頓（1643—1727）在1687年出版了"自然哲學之數學原理"，——這些發現摧毀了舊的觀念，使哥白尼的思想完全勝利。牛頓在他的名著"自然哲學之數學原理"一書中敍述他在1685年所發現的支配天體運動的萬有引力定律，從而給理論天文學和天體力學奠定了鞏固的基礎。惠更斯（Huygens, 1629—1695）發明擺鐘（1656），皮卡（Picard, 1620—1682）及羅邁爾（Römer, 1644—1710）應用望遠鏡於測角儀器，這些都使觀測天文學的發展取得新的動力。

從十七世紀末葉開始，各個國家相繼建立新型的天文台（1676年建立了英國格林尼治天文台，1684年——法國巴黎天文台，1725年——彼得堡科學院天文台*）。這些天文台開始進行有系統的觀測，來測定恆星的精確位置并研究月亮的運動，這首先對航海以及陸地和海洋的製圖工作是必需的。十八世紀上半葉，日益精確的天文測量引導了一系列的重大發現，如1718年恆星自行的發現[哈雷(Halley, 1656—1742)]，1728年恆星光行差的發現[布拉德雷(Bradley, 1693—1762)]，地軸章動的發現（布拉德雷，1747年），1753—1772年，俄羅斯科學院院士歐拉（Euler, 1707—1783）研究月亮運動理論。在天文學範圍內所首先提出的自然演化觀念，對整個自然科學都具有重大的意義：1755年康德提出他的原始隕星物質雲演化和行星系形成的假說；在同一時期，俄羅斯科學家M.B.洛蒙諾索夫（Ломоносов, 1711—1765）也提到演化的觀念，包括地質學方面內的演化觀念；1796年，拉普拉斯（Laplace, 1749—1827）在他的"宇宙系統論"一書中提出由旋轉和收縮的氣體星雲中分離出物質環的觀念。

康德-拉普拉斯假說（嚴格說來，這是兩個不同的假說）在當時具有重大的進步意義。

1761年金星凌日時，洛蒙諾索夫發現了金星上的大氣，這是科

---

* 第一個俄羅斯天文台係A. 柳比莫夫（Любимов）於1692年在阿爾漢格爾斯克（Архангельск）附近的霍莫山（Холмогора）所建立的。

學的行星天文學的開端。從十八世紀末期開始,英國天文學家 W. 赫式爾 (Herschel, 1738—1822) 使用他自己製造的,在當時算是巨大的反射望遠鏡開始了科學研究。赫式爾發現了許多星雲——銀河星雲和河外星雲——和雙星,1781 年發現了天王星,發現了太陽在其周圍較近的恆星空間中的運動 (1785 年),他還研究了銀河系的構造。

十八世紀特別是下半世紀由於歐拉、克雷勞 (Clairaut, 1713—1765)、拉格朗日 (Lagrange, 1736—1813) 和拉普拉斯的工作,使天體力學空前發展。 皮阿齊 (Piazzi) 在1801 年 1 月 1 日發現第一顆小行星——穀神星,這給予觀測天文學和理論天文學的發展以新的動力。

十八世紀二十年代,當時最大的天文學家之一,普耳科沃天文台 (1839 年建成) 的創立者和第一任台長瓦西里·雅科夫列維奇·斯特魯維 (Василий Яковлевич Струве, 1793—1864) 開始進行了科學研究工作。起初在塔爾圖(舊名尤里也夫),後來在普耳科沃,斯特魯維對雙星進行了多年的研究,並創立了雙星的這門學科。 由他所擬定的普耳科沃天文台工作計劃中,包括編製精確星表的工作,後來這些星表使普耳科沃獲得了世界性的聲譽。普耳科沃毫無愧色地榮獲"世界天文之都"這樣的稱號。1835—1838 年,斯特魯維第一次測量出織女星(天琴座 α) 的視差;1847 年,他發現了星際吸光現象,這個發現刊佈在他的名著"恆星天文學短篇論文集"* 中,這個發現後來被同時代的天文學家忘記了,於是吸光現象直到二十世紀才又被重新發現。從 В. Я. 斯特魯維這本"短篇論文集"開始了天文學家們對我們的恆星世界(即銀河系——譯者)和無數獨立星系的河外星雲的研究。

1846 年,勒威耶 (Leverrier, 1811—1877) 和 J. C. 亞當士 (Adams)"在筆尖上",即是用計算方法,發現了一顆新行星,稱爲海

* 1953 年蘇聯科學院出版了這本書的新版(附有註釋)。

王星，這是理論天文學和天體力學的勝利，也是堅信宇宙的物質性及其規律的可知性的唯物科學的勝利。在勒威耶所指出的地方附近，伽勒（Galle）從恆星中間找出了這個行星。1844年，白塞爾（Bessel）因天狼星和南河三本身運動所受到的影響，而懷疑這兩顆亮星都有伴星存在，經過相當長的時期後，這兩顆伴星都在望遠鏡中被找到。它們都屬於一類罕見的恆星——白矮星（參閱113頁）。

十九世紀上半期中其他的重要發現列在天文年表（第12—13頁）中，年表可作爲這篇歷史概述的補充。

十九世紀中葉，發明了照相術，並開始應用於天文學。照相術促成了天文學及其新領域——天體物理學——的迅速發展。如果把天體光度學內的一些工作除開，天體物理學的研究開始於1859—1860年，即克希霍夫（Kirchhoff）和本生（Bunsen）發現光譜分析以後不久，恆星光譜學發端於塞奇（Secchi，1818—1878）、惠更斯和А. А. 別洛波耳斯基（Белопольский，1854—1934）的工作，太陽物理學開始於楊生（Janssen）和洛克耶（Lockyer），在1868年發現了在無日食時觀測日珥的方法。

在同一時期，俄羅斯天文學家Ф. А. 布烈基興（Бредихин，1831—1904）創立了研究彗星和流星羣的學科，彗星形狀理論以及最早的彗尾分類法（1862—1877）。

上個世紀的末尾（1894—1899年），А. А. 別洛波耳斯基作出都普勒原理（故稱之爲都普勒-別洛波耳斯基原理是恰當的）的實驗室證明，并把這個原理應用於分光雙星和變星的研究。

記載精密的恆星光度和光譜的詳細星表，是進一步研究恆星和我們的恆星系——銀河系——的基礎。哈佛天文台在1884年奠定了現代廣泛採用的光譜分類法的基礎。1895年В. К. 澤拉斯基（Цераский，1849—1925）在莫斯科用巨大的火鏡作實驗測定了太陽溫度的下限。

二十世紀，研究恆星內部構造和輻射規律的理論天體物理學順利發展着。現代天文學的興趣重心日益轉向恆星的結構及其演化歷

史的問題，恆星系的結構和演化的問題，以及恆星和太陽在若干萬萬年中不斷向太空發射出能量的來源問題。

1906年—1912年，了解了恆星的光度及其表面溫度（或者按恆星光譜）的關係，並把恆星分爲矮星和巨星。這促成了由恆星光譜測定恆星距離的新方法（所謂分光視差的測定法）的發展。1908年，發現了仙王座δ型變星（造父變星）的週期與光度的關係，這個關係是測定距離的一個新的有效方法的基礎，這個方法不僅適用於我們銀河系的範圍內，並可用於遠在銀河系以外的天體（即是所謂的造父視差的測定）。

1927年發現了銀河系的自轉[J. 歐特（Oort）]。喀山（Казань）的天文學家M. A. 科瓦耳斯基（Ковальский，1821—1884）在1859年曾經研究了銀河系自轉的數學理論。在1930年重新發現了星際空間的吸光現象，上面已經談到，早在1847年，B. Я. 斯特魯維已經發現了這個現象。

在紀事年表中也載有二十世紀一系列的重要發現，這首先是恆星和河外星雲的發現，河外星雲是和我們的銀河系相類似的恆星系（在1924年確定）。天文學中所使用的新的觀測技術日益衆多，天文望遠鏡日益完善，這使得我們能够更深入地探測宇宙的深處。天文學家愈來愈注意天體起源問題和對天體演化過程的研究。

用最先進的科學研究方法——辯證唯物主義的方法——所武裝的蘇聯科學家，爲了解決現代天文學中最複雜的問題而勝利地進行着工作。

唯物主義的基本原理是在於承認自然界，即物質世界，是在我們意識之外，並且不依賴於意識而存在的客觀實在。這個世界和它的發展規律都是可以認識的。我們的意識是客觀的現實世界的反映，而隨着科學水平的提高和認識方法的日益完善，我們對於世界的概念也就愈接近於眞理。蘇聯科學家對於大自然規律的認識，總是遵循着這個概念：宇宙中的一切事物都處在相互作用的狀態，一切事物都或多或少地彼此影響着。自然界的一切都不斷地在運動和變化

着，隨時有一種事物產生出來，發展着，而另一種消逝或轉變成別的狀態。"科學史表明，辯證方法是真正科學的方法；從天文學直到社會學，到處都證實着這種思想：世界上沒有什麽永恒的東西，一切都在變化，一切都在發展。"（斯大林全集第一卷第343頁，人民出版社1953年9月北京第一版）事物的發展和變化在自然界中有兩種表現途徑：逐漸累積着的量變和突然、飛躍式的質變（新質出現）。對抗力的鬥爭——新生事物和衰老事物間的鬥爭，是事物發展和變化的根本原因。這種對立的鬥爭就是一切發展過程的動力。毛澤東同志在他的傑出著作"矛盾論"中寫道："一切事物中包含的矛盾方面的相互依賴和相互鬥爭，決定一切事物的生命，推動一切事物的發展。沒有什麽事物是不包含矛盾的，沒有矛盾就沒有世界。"（毛澤東選集第二卷第771頁，人民出版社1952年北京第一版）*

在偉大的十月社會主義革命後，我國（指蘇聯，下同——譯者）建立了一系列新的天文機構。例如：列寧格勒天文研究所，即現在的蘇聯科學院理論天文研究所（1920年），基塔布烏盧別克緯度測定站（1930年），莫斯科國立史天堡（П. К. Штернберг）天文研究所（1931年），格魯吉亞蘇維埃社會主義共和國科學院阿巴斯圖曼尼天體物理觀象台（1932年），塔什克蘇維埃社會主義共和國科學院斯大林納巴德天文台（1933年）。

在偉大的衛國戰爭結束後，不僅恢復了被毀壞的普耳柯沃天文台以及被焚毀和刼掠一空的西梅玆天體物理觀測台，還新建了許多新的大天文台：亞美尼亞蘇維埃社會主義共和國科學院布拉干天文台（1946年），哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院天體物理研究所和高山天文台（1949年），基輔附近果洛謝也夫的烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院天文總台（1949年），游擊隊村附近的蘇聯科學院克里米亞天體物理觀測站（1950年）及土爾克明尼亞蘇維埃社會主義共和國科學院天體物理實驗室（1945年）。蘇聯天文台的全部名

* 這段是作者特爲中文版寫的——譯者。

單見附表 LIX 甲。

現在談談蘇聯科學家在戰時和戰後的一些卓越的成就：例如，1943 年蘇聯科學院通訊院士 C. B. 奧爾洛夫 (Орлов) 完成了研究彗星形狀的多年工作，並提出了新的彗星形狀分類法。

1944—1948 年，B. Г. 費森科夫院士創立了黃道光的理論，并撰寫了在"行星之間的流星物質"這本專著 (1947 年)。

1947 年 B. A. 阿姆巴楚米揚 (Амбарцумян) 院士和他在布拉干天文台的同事們發現了一種新型的恆星集團——星協(參閱 130 頁)并證明了銀河系中恆星形成過程到現在還繼續進行着。

1948 年在克里米亞天體物理觀測台 B. Б. 尼貢諾夫 (Никонов), A. A. 卡里涅克 (Калиняк) 和 B. И. 克拉索夫斯基 (Красовский) 用一種特殊的儀器——光電轉換器——用紅外光攝影發現了銀河系的核心。

Г. A. 莎因 (Шайн) 院士從 1949 年也在克里米亞天文台開始了用氫線 $H_α$ 拍攝彌漫氣體星雲和氣體塵埃星雲的著名工作，他同他的同事 B. Ф. 伽傑 (Газе) 發現了許多從來所不知道的新的氫星雲。

從 1951 年開始，B. Г. 費森科夫院士和他的同事們，在哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院高山天體物理觀測站用新的巨型強光力 Д. Д. 馬克蘇托夫 (Максутов) 式望遠鏡 (參閱圖 140) 開始進行有系統的氣體塵埃星雲攝影，這對恆星產生問題 (參閱 149 頁) 的解決提供出了大量資料。最後還應提到最近十年來 O. Ю. 施密特院士和他的同事們以及其他的蘇聯科學家們，對於創立地球和行星起源的理論工作。

在這本手册的第一章中，可以找到有關近年來蘇聯天文學家們在天文學各部門中所取得大量成就的資料。

簡明天文年表

紀元前十四世紀　最早的日珥記錄(中國)。

紀元前 1100 年　黃赤交角的測定(中國)。

紀元前第七—第六世紀	日食復現週期——沙羅周期的確定(巴比倫)。
紀元前第四世紀	最早的載有800顆恆星的星表(中國,石申)。
紀元前第四世紀	亞里斯多德"天論"(希臘)。
紀元前第三世紀	地球大小的測定[愛拉托遜(Eratosthenes)]。
紀元前265年	地球繞日運行的觀念[亞里斯塔克(Aristarchus)]。
紀元前第二世紀	歲差的發現,最早的日月運行表,載有1022顆按亮度分爲6等的星表[希臘,依巴谷(Hipparchus)]。
紀元前46年	儒略曆實施於羅馬[希臘天文學家蘇西根(Sosigenes)]。
紀元前28年	最早的太陽黑子紀錄(中國)。
第二世紀初	張衡繪製星圖並造渾天儀(中國)。
第二世紀	希臘天文學家托勒玫(Ptolemy)的著作"天文集"出版。
第八世紀	測量地球子午線的長度(中國,南宮說)。
十一世紀上半世紀	發現恆星的自行(中國,僧一行)。
	花拉子模學者比魯尼(Бируни)關於紀年的論著和測定地球周長。
十一世紀末—十二世紀初	塔什克哲學家和詩人奧馬爾·哈雅莫(Омар Хайям)的曆法設計和詩集"宇宙及其認識"。
第十三世紀	郭守敬創立授時曆,以365.2425日爲一年,與現用格里曆的一年時間相同;並製造了簡儀,候極儀等13種儀器(中國)。
1252年	阿爾芬辛表的編製(西班牙)。
十三世紀中葉	阿塞拜疆天文學家納西爾愛定(Насирэддин)的行星運動"伊耳汗表"("Ильханские таблицы")。
十五世紀上半世紀	烏茲別克天文學家烏盧別克(Улугбек)的恆星表和行星運動表。
1543年	哥白尼(Kopernik)的著作"天體運行論"問世。
1582年	格里曆實施於許多國家中。
1584年	意大利哲學家約爾丹諾·布魯諾(Giordano Bruno)的著作"論無限性、宇宙和世界"。
1603年	用希臘字母表示亮星的拜耳(Bayer)星圖。
1609—1610年	伽利略(Galileo)用望遠鏡作最早的天文觀測。
1609—1619年	克普勒(Kepler)創立行星運動定律。

1611年	克普勒望遠鏡的設計。
1632年	伽利略"關於兩種主要世界體系的對話"。
1647年	波蘭天文學家J. 希維利(Hevelius)"月面學"。
1656年	擺鐘的發明[荷蘭，C. 惠更斯(Huygens)]。
1656—1659年	發現土星環，發現土衛六(荷蘭，C. 惠更斯)。
1668年	最早的反射望遠鏡(牛頓)。
1676年	測定光速[丹麥，羅邁爾(Römer)]。
1676年	格林尼治天文台的建立(英國)。
1687年	牛頓的"自然哲學之數學原理"。
1718年	發現彗星的週期性。發現恆星自行[英國，哈雷(Halley)]。
1725年	彼得堡科學院天文台的建立。
1725—1728年	發現恆星光行差[英國，布拉德雷(Bradley)]。
1743年	克雷勞(Clairaut)的"地球形狀論"——地球形狀理論最早的論證。
1747年	發現章動(英國，布拉德雷)。
1748年	物質和運動守恆定律的普遍敍述[M. B. 洛蒙諾索夫(Ломоносов)]。
1753—1772年	L. 歐拉(Euler)的月亮運動論。
1755年	康德的天體演化假說("一般自然史和天體理論")。
1761年	洛蒙諾索夫發現金星大氣。
1781年	發現天王星[英國，W. 赫式爾(Herschel)]。
1782年	最早的雙星表(英國，W. 赫式爾)。
1785年	太陽在恆星之間運動的發現(英國，W. 赫式爾)。
1794年	隕石來自太空的確定[Э. Ф. 赫拉尼(Хладный)]。
1796年	拉普拉斯的天體演化論假說("天體系統論")。
1800年	發現太陽紅外輻射(W. 赫式爾)。
1814—1815年	太陽光譜中吸收線的描述[德國，方和斐(Fraunhofer)]。
1816—1855年	測定由北冰洋到多瑙河子午線弧長[B. Я. 斯特魯維(Струве)指導]。
1819年	發現光的波動本質[法國，菲涅耳(Fresnel)]。
1835—1840年	最早的恆星視差的測定[B. Я. 斯特魯維，F. 白塞爾(Bes-

sel), T. 韓德遜(Henderson)]。

1839年8月19日 普耳柯沃天文台落成。

1844年 斷定天狼星和南河三有伴星存在(德國,白塞爾)。

1844年 確定太陽黑子的週期性[德國, S. H. 史瓦貝 (Schwabe)]。

1846年9月23日 海王星的發現[德國,伽勒(Galle)根據勒威耶(Leverrier)的計算]。

1847年 星際空間吸光現象的發現(B. Я. 斯特魯維)。

1847年 發現都普勒效應。

1850年 若干星雲的旋渦構造的斷定[英國,羅斯(Rosse)]。

1852—1864年 開始應用照相術於天文學(美國,英國,俄國)。

1859—1862年 發現光譜分析[德國,本生和克希霍夫]。

1859年 銀河系自轉理論的數學研究[M. A. 科瓦耳斯基 (Ковальский)]。

1860年 恆星光譜學的發端。塞奇(Secchi)的恆星分類法(意大利)。

1862—1877年 研究彗星物理本質。彗尾的分類(Ф. A. 布烈基興)。

1868年 視線速度的最初測定[英國,赫金斯(Huggins)]。

1881年 大氣中光線散射的理論[英國,瑞利(Rayleigh)]。

1888年 發現地球兩極運動[德國,居斯納(Küstner)]。

1889年 發現分光雙星[美國,莫爾(Maury)]。

1891年 地球兩極移動的週期性的發現[美國,錢德拉(Chandler)]。

1894年 證明土星環的隕星結構(A. A. 別洛波耳斯基)。

1895年 測定太陽溫度下限(B. K. 澤拉斯基)。

1894—1899年 實驗證明光學現象中的都普勒原理(A. A. 別洛波耳斯基)。

1900—1910年 光對固體和氣體的壓力[П. H. 列別傑夫(Лебедев)]。

1900年 恆星光譜的分類(哈佛天文台,美國)。

1903年 K. Э. 齊奧耳科夫斯基(Циолковский)的著作"用噴射式儀器探索太空"。

1906—1912年 發現巨星和矮星[荷蘭,赫茨斯普龍(Hertzsprung);美國, H. N. 羅素(Russell)]。

1908年 太陽黑子磁性的發現[美國,海耳(Hale)]。

1908年 發現造父變星的"週光關係"[美國,李維特(Leavitt)]。

1909 年	濾光片應用於火星表面的研究[Г. A. 季霍夫(Тихов)]。
1910 年	發現星際空間光的選擇吸收(Г. A. 季霍夫)。
1912 年	恆星演化理論(美國,羅素)。
1914 年	發現由光譜測定恆星視差的方法 [美國, W. S. 亞當士; 德國,科許特 (Kohlschütter)]。
1915 年	發現白矮星。
1916 年	恆星內部構造理論研究的開端 [英國,愛丁頓 (Eddington)]。
1919 年	國際天文協會組成。
1920 年	第一次用干涉儀測量恆星的直徑[美國,邁克爾遜 (Michelson)和比士 (Pease)]。
1923—1924 年	"質光關係"的發現[荷蘭,赫茨斯普龍;美國,羅素;英國,愛丁頓]。
1924 年	證明旋渦星雲由恆星組成的[美國,哈勃爾 (Hubble)]。
1927 年	發現恆星自轉 [Г. A. 沙因 (Шайн); 美國, O. 司徒魯維 (Struve)]。
1927 年	銀河系自轉的研究[荷蘭,歐特(Oort)]。
1927—1932 年	氣體星雲的物理理論[B.A. 阿姆巴楚米揚(Амбарцумян)]。
1929 年	發現河外星雲光譜中"譜線紅移"(美國,哈勃爾)。
1930 年	發現冥王星[美國,湯鮑 (Tombaugh)]。
1930 年	觀測無日食時日冕 [法國,李奥 (Lyot)]。
1934 年	夜天光和黃道光的研究[B. Г. 費森科夫(Фесенков)]。
1937 年	恆星能量的來源——恆星內部的原子核反應。
1939 年	研究恆星大氣中同位素(Г. A. 沙因)。
1940 年	求出地球橢圓體根數 [Ф. H. 克拉索夫斯基 (Красовский) 和 A. A. 伊佐托夫(Изотов)]。
1940—1944 年	發現太陽和銀河系無線電輻射。
1940—1944 年	星際吸光計算理論的研究[П. П. 巴連那果(Паренаго)]。
1941 年	發明彎月形透鏡望遠鏡[Д. Д. 馬克蘇托夫(Максутов)]。
1943—1946 年	發現在銀河系中互相交錯、物理和運動特徵互異和年齡、起源以及演化途徑都不相同的次星系 [Б. В. 庫卡金 (Кукаркин)]。

1943—1944 年　地球和行星起源的隕星學說 [О. Ю. 施密特 (Шмидт)]。

1946 年　月亮的無線電探測。

1947 年　發現星協 (В. А. 阿姆巴楚米揚)。

1948 年　用紅外線發現銀河系的核心 [В. Б. 尼貢諾夫 (Никонов), А. А. 卡利涅克 (Калиняк), В. И. 克拉索夫斯基 (Красовский)]。

1949—1953 年　發現銀河系中大量新的氣體星雲 (氫星雲) [Г. А. 沙因, В. Ф. 伽傑 (Газе)]。

第 一 章

地球、月亮、太陽、太陽系和宇宙的一般知識

1. 地 球

每個人從童年時代起，首先熟悉的天文現象就是晝夜的變換和太陽的出沒。這些現象的說明是和我們地球形狀的問題有關的，人們認識到球形的地球和無限的天空，便否定了過去所想像的那些平面的地球和"天穹"的幼稚觀念。地球球形的證據是：月食時月面上地影邊緣形狀的觀測，航船靠近或離開海岸時漸次地出現或消失的特點的觀測，由北向南移動時北極星高度變化的觀測，以及離地面愈高見到的地平面愈廣的事實* 得到的。早在古希臘人中（公元前六世紀的畢達哥拉斯，公元前四世紀的亞理斯多德）就產生了地爲球形的觀念，但以後一直被遺忘了一千五百年以上，直到哥倫布及十六世紀環球旅行的時候才又再被提出。

地球的大小約在公元前 250 年時首先被愛拉托遜（Eratosthenes)(公元前 276—196 年)所測定，他得到在南埃及的賽伊尼(Syene) 夏至這一天中午太陽通過天頂，而在亞歷山大里亞城太陽離天頂 7°.2（全圓周的 1/50）。這兩個城市幾乎位於同一條子午圈上，它們的距離是 5000 希臘長度單位，因之全部周長等於 250,000 希臘長度單位，從而地球的半徑 $R=40{,}000$ 希臘長度單位；若採用 1 希臘長度單位等於 160 公尺，由這一近似值，就可得到 $R=6400$ 公里。現代的測定得出 $R=6370$ 公里，這是基於精確的測地學的弧度測量（卽

---

* 在 1947 年從 162 公里高處（火箭所達）得到了一些很有趣的照片，它們清楚地顯示出地球表面的彎曲。

緯度一度的長度的測量）所得到的。這些測量使我們對於地球的大小和形狀有了比較正確的觀念（參閱後面）。

地球的自轉很自然地說明了晝夜的變換和星體的出沒。下列的地球繞軸自轉的各種證明是衆所周知的：傅科擺的擺動面位置對周圍物體的轉動*；從弧度測量所發現的地球的扁形；落體偏向東面；北半球的河流右岸易被冲毀，而南半球則是左岸［俄羅斯科學院院士 K. M. 伯爾（Бэр）的定律］；貿易風的風向；重力隨緯度而變化（參閱 22 頁）；旋風和逆旋風內的風向等等**。

有些希臘的學者們也曾猜測到地球繞太陽的週年運動，亞利斯塔克早在公元前三世紀就認爲地球是繞太陽運轉的，然而這個觀念也被遺忘了約一千五百年。

下列諸現象可作地球繞太陽運轉的證明：恆星的週年視差，恆星的週年光行差和恆星光譜中以一年爲週期的譜線位移***。

地球的週年運動使觀測者發生位移，也就引起了較近恆星對於較遠恆星的視位移。較近恆星於一年中在天上（在較遠恆星的背景上）劃出視差橢圓（圖 1），這種橢圓的長軸永遠平行於地球軌道平面即黃道面（參閱 180 頁），而它的大小隨恆星的距離而變（距離愈小，軸愈長）；此外，短軸的長度隨恆星到地球軌道平面的角距離卽恆星的天文緯度而變。恆星的週年視差（參閱 92 頁）小於 1 弧秒。最接近我們的恆星週年視差只有 $0''.76$。

此外，地球的週年運動引起了恆星光行差的位移；所有恆星都在一年中劃出光行差橢圓，其長軸永遠等於 $41''$ 並平行於黃道，而短軸

---

* 1950 年 Г. Л. 波舍霍諾夫（Пошехонов）發明了一種簡單但極爲巧妙的表明地球自轉的教學儀器。儀器的敘述可參閱 1952 年學校天文曆（國立教科書出版社 1952 年版）70—71 頁。

** 從精確的天文觀測可以發現這樣一些和地球自轉相聯系的現象，像恆星的周日光行差、月亮的周日視差以及從譜線位置的測量所求得恆星視線速度的周日變動等等。

*** 還可以舉出食變星光變週期的週期性變化和在木星系統中衛星食時刻的類似變化。

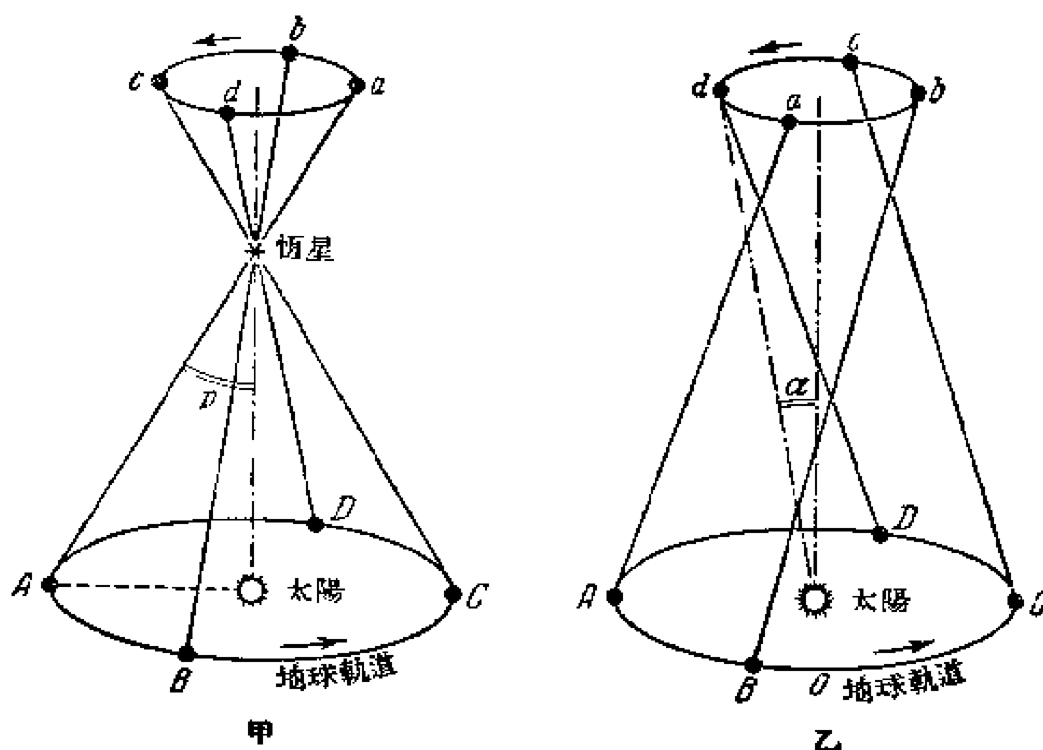


圖 1. 恆星的(甲)視差位移和(乙)光行差位移以不同方式表示出地球繞太陽運行
α 爲光行差角 (20″.5), p 爲恆星視差(都小於 1″)。

隨恆星的天文緯度而變。這種光行差位移的產生是地球在繞日軌道上運動的速度（平均爲 29.8 公里/秒）和來自恆星的光速（約爲 300,000 公里/秒）合成起來的結果。在任一給定的時刻，恆星都要在地球運動的方向對所謂奔赴點移動。地球週年運動的奔赴點總是位在地球軌道平面上在太陽之西與太陽成直角，即在太陽右邊 90° 處。

地球的週年運動也引起恆星光譜中週期性的譜線位移。向光譜紅端的最大的譜線位移——依都普勒-別洛波耳斯基原理（參閱 224 頁）即是恆星以最大速度離開我們——發生於當恆星地心經度（參閱 181 頁）比太陽經度大 90° 的時候；向紫端的最大的譜線位移則是當恆星的地心經度比太陽經度小 90° 的時候。

地球繞太陽運動* 的軌道爲橢圓，這橢圓的偏心率是 0.01673 ($^1/_{60}$)（圖 2）。太陽位於地球橢圓軌道的一個焦點上**。地球離太陽的平均距離等於 149,500,000 公里（即一個天文單位），軌道上最近太陽的一點稱爲近日點，最遠的一點稱爲遠日點。聯結這兩點的線叫做拱線。因之拱線和地球橢圓軌道的長軸相合。拱線的位置由近日

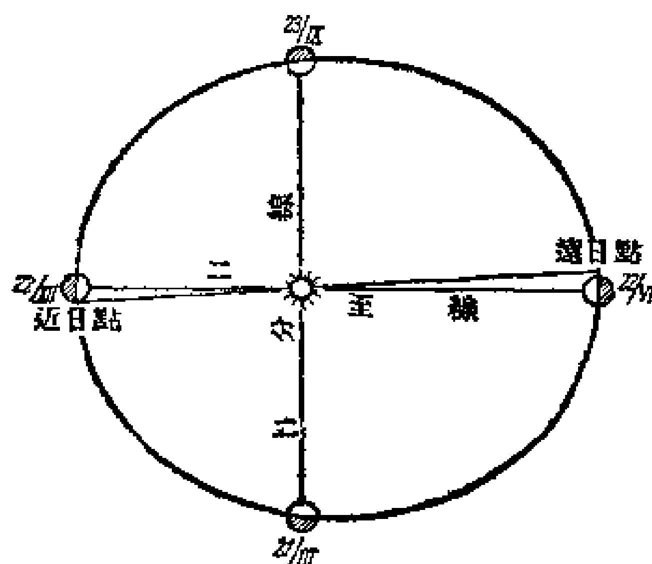


圖 2. 地球圍繞太陽沿橢圓軌道公轉

點的日心經度決定。1950 年近日點的日心經度約爲 102°。由於拱線的運動，近日點的經度每年增加 61″.9。現在地球通過近日點是在 1 月 2—5 日，而通過遠日點是在 7 月 1—4 日。因爲地球的軌道是橢圓形，所以地球的運動速度在軌道各部分都不同。地球在軌道上運動的平均速度約爲 30 公里/秒，或 100,000 公里/時；在七分鐘內地球就移動過本身直徑的長度。

地球圍繞太陽在 365.25636 平晝夜（365 日 6 時 9 分 10 秒）中轉

---

* 嚴格說來，圍繞太陽運動的是地月系統的重心，即所謂運動重心；地球和月亮圍繞這個運動重心在一個月中描繪出它們的軌道，地球圍繞運動重心以一月爲週期的運動，引起了太陽和行星經緯度週期性的變化。這些變化振幅的精確測定使我們有可能測定地球中心到這個運動重心的距離（運動重心是在朝月亮方向離地球中心 4800 公里，即地球表面下 1600 公里處），並由此可求出月亮質量和地球質量之比。

** 更精確的說，地球軌道的焦點是在朝地球方向離太陽中心 417 公里處。

一整週。這就是所謂的恆星年。

從一次春分到下次春分的平均時間間隔稱爲回歸年（參閱 193 頁），它等於 365.24220 平晝夜（365日 5時 48分 46秒）。

地球的赤道面對軌道面的傾角爲 23°27′，同時地軸力求保持在空間的方向不變，它總是指向天球北極*（天球北極在北極星附近）。地球自轉軸的傾斜及其方向的不變是地球上季節變換的原因，季節的長短和地球軌道的偏心率及拱線的位置有關。

1950 年左右的季節的長度是：

從春分到夏至……………………92日.795
從夏至到秋分……………………93 .629
從秋分到冬至……………………89 .806
從冬至到春分……………………89 .012

這樣在我們北半球，春季和夏季的長度約爲 186.日4，而秋季和冬季約爲 178日.8。

我們從弧度測量發現：在赤道附近緯度一度的長度等於 110.6 公里，而在兩極附近爲 111.7 公里。由此可知地球的眞正形狀很接近於扁球體**。根據蘇聯測量學家(1940 年，Ф. Н. 克拉索夫斯基和他的同事們）的研究，這個扁球體的赤道半徑 $a=6378.245$ 公里，而極半徑 $b=6356.863$ 公里，它們的差 $a-b=21.382$ 公里。

地球的扁率就是赤道半徑 a 及極半徑 b 的差數和赤道半徑的比值，這個比值很小：

$$\mu=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{298.3},$$

這大概是 0.3%，而木星的扁率則達 6% 以上。假如造一個地球的模型，取赤道直徑爲 1 公尺，那麼極直徑就等於 997 毫米，也就是它們

---

* 地軸方向的緩慢變化是表現在幾千年中天球北極在恆星中位置的變化，關於這種地軸的變化可參看歲差一節（195 頁）。

** 扁球體或雙軸線的橢圓體——就是橢圓繞短軸自轉所成的立體幾何圖形。

的差别完全不能用眼睛查覺*。非常精確的大地測量和重力測量**的數據，使我們有了比較精確的對地球形狀的觀念和對於所謂大地水準面的概念，大地水準面不是一個規則的幾何形體，我們取地球上的普遍海洋表面爲大地水準面。

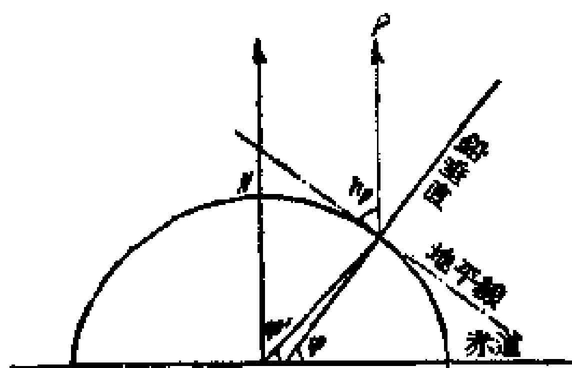


圖 3. 地理緯度和地心緯度的差異

地球的扁形造成了測量地理表面緯度的某些困難。地球表面某一點的方向與赤道面對地球中心所張的角（圖 3）稱爲該地方的地心緯度 φ'；地理緯度 φ 就是鉛垂線和赤道面的夾角，它等於天極的高度 h_p。$\varphi-\varphi'$ 這個差值是 φ 的函數；它在赤道和兩極都等於零，當 $\varphi=\pm45°$ 時達到最大值 $11'33''$。地理緯度和地心緯度的差值及經線上和緯線上每一度的長度都一同列在表 VIII 中。

地球自轉軸在地球内部的位置並非固定不變，因此地球的兩極在地面上畫出複雜的曲線，不過這個曲線不超過每邊爲 $0''.7$（相當於 25 公尺）的正方形範圍（圖 4）。地極有兩種主要的運動：一種是在 433 日中沿着半徑爲 4.5 公尺的圓圈的運動（它和所謂地球自擺動週期有聯系），另一種是以一年爲週期沿着一個半長軸爲 5 公尺的長橢圓的運動（它和地球上季節現象有聯系）。地極變動的振幅也是具有週期性的變化（週期是 50 年左右）（見圖 4）。

由於地球的自轉，赤道上每一點都具有 465 米/秒的綫速度，在緯度 φ 處綫速度等於 $465\cos\varphi$ 米/秒。

---

* 蘇聯新的研究得出這樣的觀念：地球赤道也不是正圓，而是橢圓，即地球像是一個三軸綫的橢圓體。赤道的半長軸比半短軸大 213 公尺，長軸指向東經 15° 處，赤道的扁率是 1/30,000。

** 重力測量學——關於重力及其測量的科學，重力測量學者們測量了地球表面的重力加速度並根據這些測量研究地球的形狀。

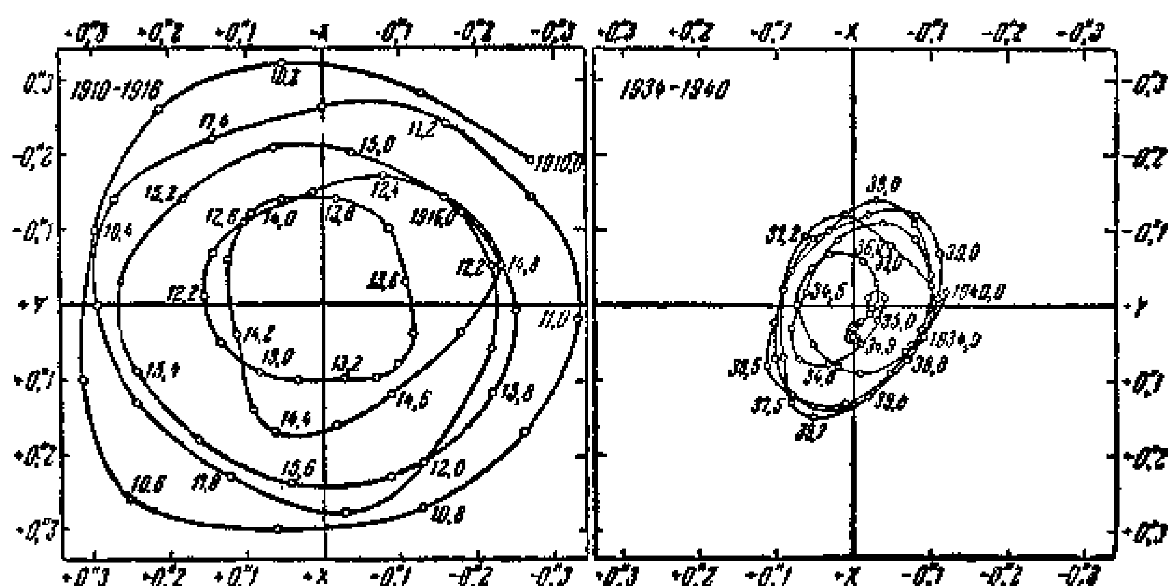


圖 4. 地球北極移動圖：從 1910 到 1916 年（地極位置最大的變動）和從 1934 到 1940 年（地極位置最小的變動）

由此而生的離心力就減小了地球表面上的重力，所以地球的扁形和它的自轉使得在緯度 φ 處正常的重力加速度 g_φ 可用下列的近似公式表示：

$$g_\varphi = g_0 + (g_{90} - g_0)\sin^2\varphi,$$

其中 $g_0 = 978.0$ 厘米/秒²，$g_{90} - g_0 = 5.2$ 厘米/秒²。

有時重力加速度以一種叫做伽（爲紀念伽利略）的單位表示，一伽等於 1 厘米/秒²。現代測定 g 的精確度極限可達千分之一伽——毫伽，卽現在測量重力加速度的精確度約達到它本身大小的百萬分之一。

我們發現在地球某些地方有重力反常現象，卽重力和它的正常數值不相合的情况。這些情况往往表示在附近的土壤中有重或輕的礦藏存在，有時這就使我們發現了貴重的鑛產。

我們對於地球內部構造及其物理狀態的瞭解基於各種科學的知識，尤其是地震學的資料有着重大的意義*。地震時所產生的彈性波

* 地震學——關於地震和地球中彈性地震波傳播規律的科學。

在地球中傳播現象的研究，使我們發現了地球內部的分層構造。

地球有熾熱的核心，然而地球表面每平方厘米面積從它內部得來的熱量不過它從太陽得來熱量的5000分之一。每進入地殼內部33公尺，溫度平均就要昇高攝氏一度*。可以設想，這種溫度昇高僅僅是產生在有着放射性物質的地殼薄層中（不超過100公里）。當放射性元素分裂並轉變爲其他元素時就放出熱量來。地球核心的溫度是2000—4000°，雖然核心內部有這樣高的溫度，但由於上層的壓力（達350萬大氣壓力），那裏的彈性還比鋼鐵的彈性大$1^1/_2$倍。地球中心的密度大概是11克/厘米^3。地球的平均密度差不多比表面各層密度大一倍。

地殼——從地球表面算起到玄武岩底爲止——的厚度在不同地區是從30到60公里。從地殼下到深度爲2900公里處爲外殼，核心還在更深處。地球內部是否有很多分層界線的問題現在正在研究中。或許除了在深度爲2900公里處的界線以外，僅還有一個界線，——在5000公里深度處，該處的密度又發生巨大的變化。

整個地球的化學成分以及大氣層、水圈、陸圈的平均化學成分都根據現代的測定列在表1中。

根據最近的地質學資料，地殼的年齡至少有三十億年，作爲行星的地球年齡無疑地比這數字要大。

地球是個磁體，它的磁軸和自轉軸傾斜成11°.5。這條軸線通過離地球中心約1200公里的地方；地球北半球的磁極**在北緯70°30′，西經95°30′；而另一極（北極）在南緯72°25′，東經155°16′。地球的總磁場強度（在不受干擾時）不超過0.6奧斯特***。

地球大氣 包圍着地球的空氣海——大氣——是各式各樣氣象

---

* 這個地熱程度，在婆羅洲等於20公尺，在中歐是30—35公尺，在北美是40—50公尺。

** 即地磁南極。

*** 奧斯特——磁場强度單位，1奧斯特就表示磁場作用在單位磁量上的力等於1達因。

表 1　地球的化學成分

整個地球		大氣層、水圈和陸圈	
元素	重量，%	元素	重量，%
鐵	39.76	氧	49.5
氧	27.71	矽	25.7
矽	14.53	鋁	7.5
鎂	8.69	鐵	4.7
鎳	3.46	鈣	3.39
鈣	2.32	鈉	2.63
鋁	1.79	鉀	2.40
硫	0.64	鎂	1.93
鈉	0.38	氫	0.87
鈷	0.20	鈦	0.58
鉀	0.14	氯	0.19
磷	0.11	磷	0.12
錳	0.07	錳	0.09
碳	0.04	碳	0.08
鈦	0.02	硫	0.06
其他	0.14	其他	0.26

現象變化的舞台。雖然有些屬於天文的現象產生在大氣中（譬如流星的出現），但大氣畢竟是妨礙天文觀測工作的。空氣散射太陽光，並且這種散射隨光的波長減小而增強。在可見光中青藍色光的散射最大，所以天空成蔚藍色，而使人們在白天不可能看到星；也由於同樣緣故，太陽和月亮在接近地平時（在將沒前和剛出後）就呈現紅或橙黃色。波長短於 290 mμ 的輻射全被高 35—60 公里處的臭氧層所吸收，在標準狀態（即 760 毫米水銀柱的壓力和溫度 0°C）下這個臭氧層的厚度只有 3 毫米，它防禦了紫外線對生物的有害作用。

大氣吸收和散射星光，也就減弱了星的亮度。光線通過空氣的厚度愈大，星光的被吸收也愈多；而這厚度隨天頂距 Z* 的變大而增加，因此我們在比較不同天頂距的星體亮度時，應該計入星光吸收的

* 第一次近似值和 sec Z 成正比。

差值（參閱表 XXXV）。

大氣也引起光線的曲折——折射，這影響了星體的位置並顯然地使接近地平的太陽和月亮變形。關於折射的計算可參看 183 頁和表 XXXVI。

我們可以直接研究離地球表面 25 公里高的大氣的性質（這是同溫層氣球所能達到的最高處），而用自動記錄的氣象儀器（用探測氣球使之昇高）可研究到 40 公里的高處*。更高層大氣的研究是用各種間接的方法（流星、流星餘跡、夜光雲、極光、夜天光等的研究，晨昏朦影現象的測光和月食的研究），以及用無線電的方法（研究反射波長大於 16—30 公尺的無線電波的電離層）。

圖 5 表示現代關於地球大氣的數據。從圖上可以看出：壓力 P 和溫度 T（°C）隨高度 H（公里）的變化，各種雲的高度，極光和流星出現的區域。圖中的横線為經圈上一度的範圍；依此圖的比例地球中心是在離開圖上所畫的地球表面 4.7 公尺處；同時圖上也表示出最高山峯的高度和最深海洋的最大深度。

地球大氣基本上是由氮和氧組成。表 2 列出組成地球大氣的主要化學元素含量的百分數，由於對流氣流**和風的作用，上下層的空氣不斷地混合，所以大氣成分並不隨高度而變化。

在地球大氣中也發現有氪（Kr）（0.0001%）和氙（Xe）（0.000009%）的存在；如上所述，在 35—60 公里高處還有臭氧層（O_3）（0.00006%）；此外，地球大氣中發現有 N_2O，N_2O_5 和 HD*** 的分子。這些都使太陽光譜紅外部分產生吸收帶。除去這些，空氣中還有三種狀態的水分。氣態（水蒸汽）、液態（雲、霧、雨）和固態（冰的結晶），以及礦物塵和有機塵（所謂氣溶膠）。空氣中水蒸汽的含量在 0.05% 到 4%

* 近年來各種氣象儀器和光譜儀器可用特裝的火箭使之昇高到 200 公里以上，而在一次複合的火箭飛行時竟達到 400 公里左右的高度。

** 即與熱的傳播有關。換句話說，這是和因大地變熱而產生的鉛直氣流有關的對流氣流。

*** D 表示重氫（氘）。

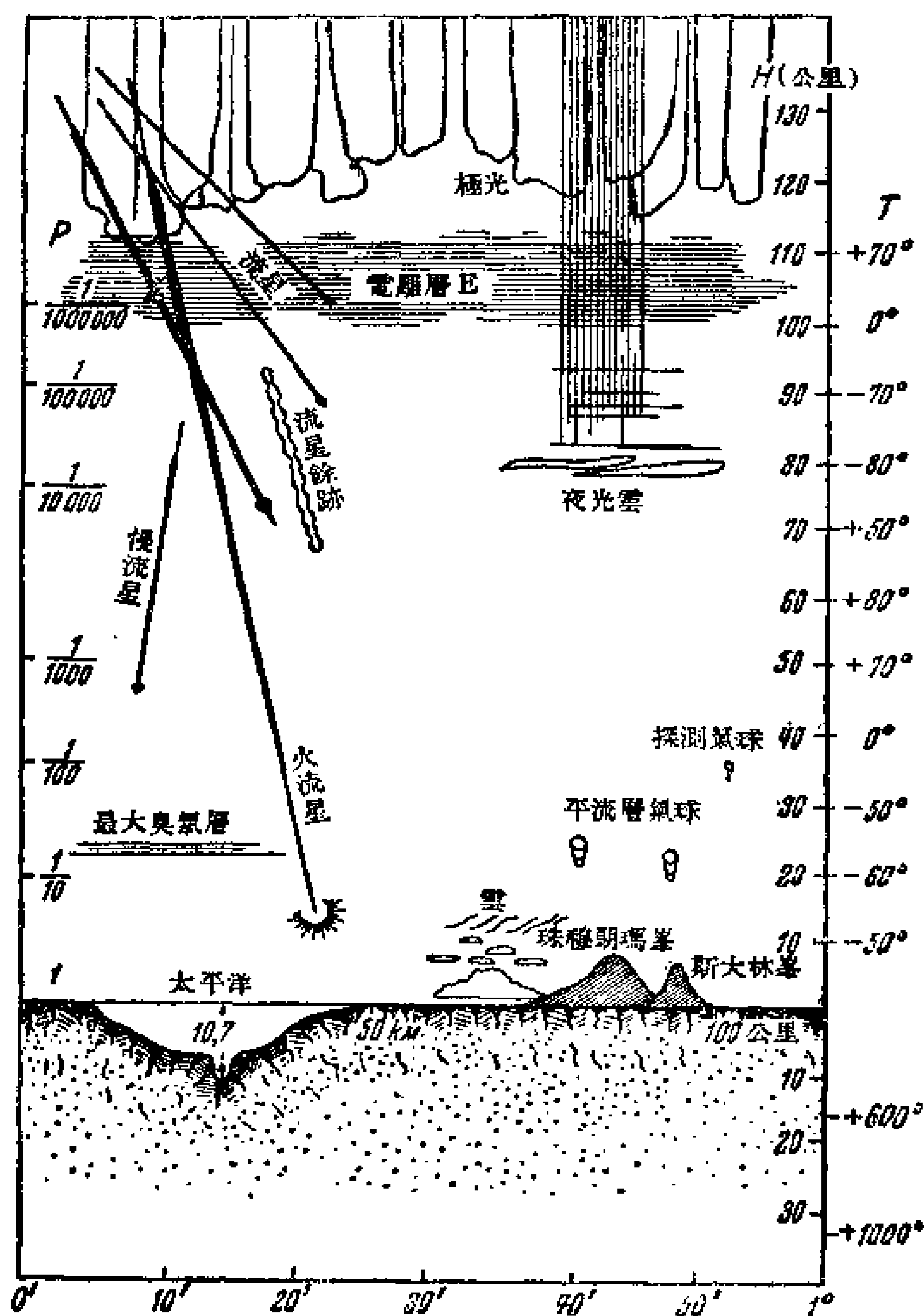

H(公里)
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
T
+70°
0°
−70°
−80°
+50°
+80°
+70°
0°
−50°
−60°
−50°
+600°
+1000°
極光
P
電離層 E
1/1000000
1/100000
1/10000
1/1000
1/100
1/10
1
流星餘跡
夜光雲
慢流星
火流星
探測氣球
平流層氣球
最大臭氧層
雲
珠穆朗瑪峯
斯大林峯
太平洋
10,7
50 KM
100 公里
0′
10′
20′
30′
40′
50′
1°

圖 5. 地球大氣層

表 2　地球大氣的成分

元	素	體積百分比
氮	(N_2)	78.09
氧	(O_2)	20.95
氬	(A)	0.93
碳酸氣	(CO_2)	0.03
氫	(H_2)	0.01
氖	(Ne)	0.0015
氦	(He)	0.00015

之間。

地球大氣通常可分爲三層：對流層、平流層和電離層。對流層從地球表面或海面開始；中緯地區對流層的上限爲冬季在 9—10 公里高處，夏季在 10—12 公里高處，而在赤道地區則高到 15—17 公里。對流層的特點是溫度隨高度增加而漸減，對流層包含了全部大氣質量的 80% 左右，並且含有幾乎全部散佈在大氣中的水分和塵埃。對流層和平流層的界限叫做對流層頂。平流層延伸在從 12—15 公里到 80—85 公里高度範圍內，該處就是電離層的下界了。

電離層裏含有游離原子（主要是氮和氧），所以稱爲電離層。這種電離是太陽發射出的短波輻射和成羣的帶電質點（微粒）流所造成的。電離層中電的性質以及其中各層的高度和電離度都隨晝夜、季節和太陽活動的情況而變化。電離層在長距離無線電通訊問題上具有重大的意義，因爲長距離無線電通訊就靠長的無線電波在電離層和地球表面多次反射來傳播的。在電離層中已知有主要的四層：在高度 80 公里左右的爲 D 層，100—120 公里高處的爲 E 層，180—220 公里高處的爲 F_1 層，300—350 公里高處的爲 F_2 層。電離層一般具有片狀結構，即是由個別的電離雲組成。因爲在高 700 公里甚至 1200 公里處還可以觀測到極光，所以地球大氣的上限應該比這還高；而夜天光顯示出 2000 公里高空處還有稀薄空氣的痕跡。

地球表面每平方厘米面積上空氣的壓力爲 1.0332 公斤（即所謂

一個大氣壓力)、但地球大氣的總質量並不大，還不到地球質量的百萬分之一。

大氣的溫度(決定於空氣質點的熱運動速度)分佈是特殊不規則的，有所謂溫度逆增的現象：從 30 公里到 60 公里處，溫度漸次的從 −30° 升到 +80 到 90°；繼續再昇高，溫度反而降低直達 −70°；當昇高至 100 公里以上時，溫度又再度昇高。從流星餘跡和夜光雲的研究發現了"平流層風"的速度竟達 120 米/秒。

2. 月 亮

月亮是最接近我們的天體。也是除太陽外最亮的天體。它是一個本身不發光的黑暗球，它的直徑爲 3473 公里，比地球直徑的 $^1/_4$ 稍大一些，而體積則爲地球的 $^1/_{49}$。月亮質量是地球質量的 0.0123 倍，或是地球質量的 $^1/_{81}$(等於 7.35×10^{25} 克；關於測定月亮質量的問題可參看 19 頁下的註解)。月亮的平均密度是 3.3 克/厘米^3，這相當於地球花崗岩薄層下玄武岩層的平均密度。

地球永久的伴侶——月亮——在平均距離爲 384,400 公里 (30 個地球直徑) 處圍繞地球旋轉。月亮每 27.32 天公轉一次，這個時間間隔叫做一個恆星月。太陽照耀着月亮，月亮因對太陽位置的不同而產生形狀的變化，並順次呈現下列的位相：新月——這時月亮淹沒在太陽光中，上弦——月亮在太陽東邊 90°，呈凸向右邊(向太陽)的半圓形，滿月——月亮和太陽在天上的方向正相反，下弦——月亮在太陽西邊 90°，呈凸向左邊的半圓形(這裏所說的左和右都是指人面向南時的情形——譯者)。新月以後，在落日左邊可看到月亮在西天成細窄的鐮刀形(凸向太陽)，這是月亮的"青春"(假如作鐮刀兩端的聯線，就像字母 *D*)。在新月以前黎明時，月亮在太陽右邊的東天也成鐮刀形。這是月亮的"老年"(很像字母 *C*)。

月亮位相變化的週期是 29.53 日，這叫做朔望月。劃分月亮表面的明暗界線不是平滑的，很像鋸齒形，平常這條線是半橢圓形，在上弦和下弦時才變爲一條直線，並平分月面爲相等的兩半。新月以

後不久，當日落後在西方看到"青春月亮"的狹窄鐮刀形，這時可以看見月亮沒有被太陽照耀的部分，它的光是淡灰色的，因此這種微光稱爲月亮的"灰光"，這是地球的反射光所致。

月亮繞軸自轉的週期等於它繞地球公轉的週期，即等於一恆星月；因此月亮總是用一面朝向我們。本來我們永遠也看不到月亮的另一面的，但由於月亮軌道的橢率和它的自轉軸對軌道面的小的傾斜，月亮好像在作微小的擺動；這就使我們能從這邊或那邊看到月亮背面的一小部分。這種擺動就是所謂月亮的天平動。由於天平動，月亮視圓面的中心就有移動，其經度沿月亮赤道在 $\pm 7°54'$ 的範圍裏移動（經天平動）；緯度沿月亮經圈在 $\pm 6°50'$ 的範圍裏移動（緯天平動）。地球的自轉使觀測者位移，與這個位移有關的視差天平動在地球赤道上可達 $57'$。全部天平動的總影響使我們可能研究（當然，不是同時地）大約全部月亮表面的 0.6。沒有什麼根據可以認爲，我們所看不見的那部分月面會和被我們看到的這部分有本質上的不同。

月亮幾乎沒有大氣；莫斯科天文學家 Ю. Н. 利普斯基（Липский）曾經用極精細的偏振觀測發現月亮上有微弱的大氣。月亮大氣的總質量是地球大氣質量的十萬分之一，而月亮上在以 1 厘米^2 爲底的垂直柱體內的大氣質量比地球上同樣柱體內的要小 2000 倍。月亮上沒有水，因此不會有雲——我們可以非常清晰地看到月亮表面的詳細情況，在月面上不會產生任何明顯的變化。月亮表面各部分亮度差別相當於這些部分反射能力（反照率*）的不同（從 0.05 到 0.2）；月面各部分顏色的差別不大。現在已經編有月面的詳圖，其中載有 32,000 多個月面形象，並且它們都有專名**。

月面上最引人注目的特點是環形山（圖 6）。用大望遠鏡可看到直徑爲 1 公里的環形山；用小望遠鏡所能看到的環形山大部分都有達 150 公里的直徑；最大的環形山——格利瑪迪（Grimaldi）——直

---

* 反照率就是某一表面所能反射的光與照上去的光之比。

** 還有 200,000 個存在的細微形象沒有在圖上表出。

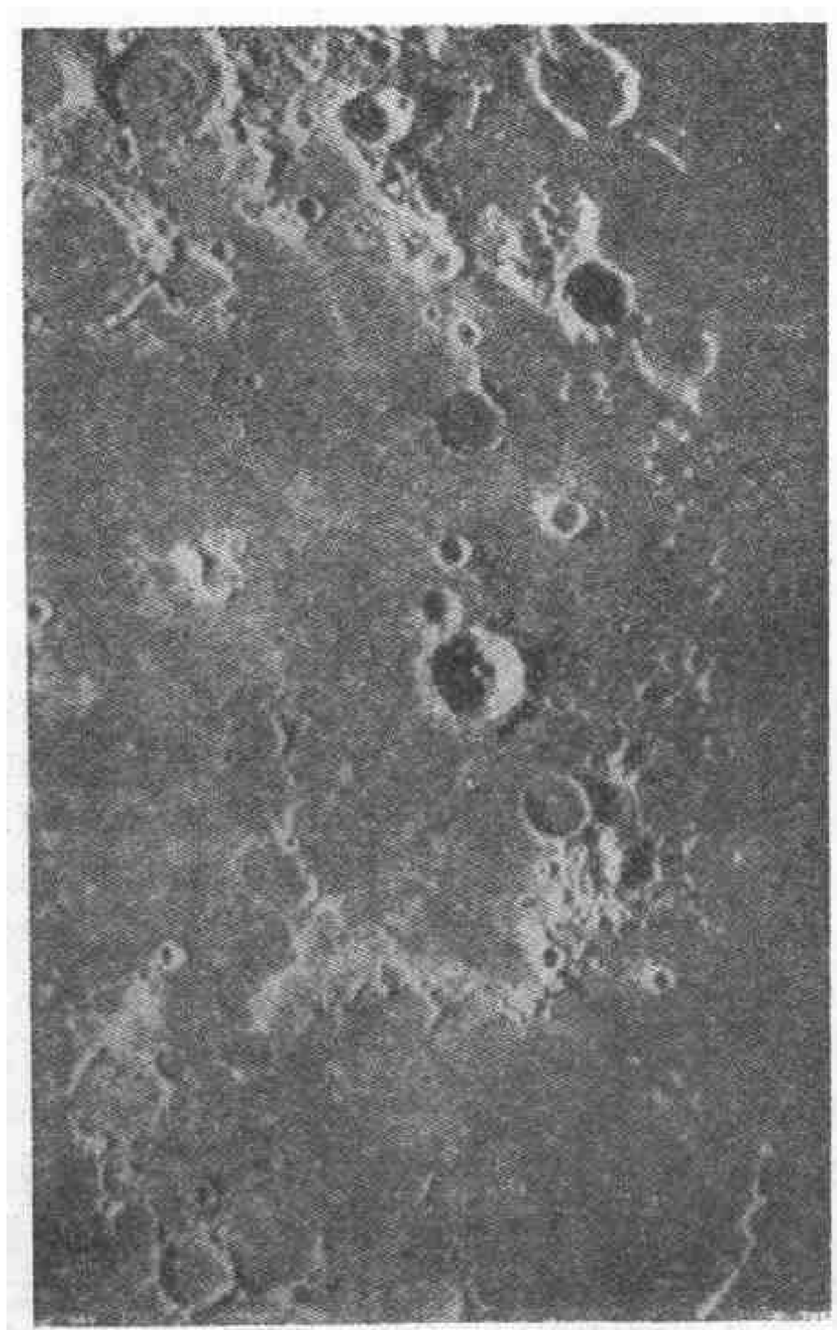


圖 6. 月亮表面一小部分的照片

徑爲 235 公里。用強力望遠鏡還能分辨的最小寰形山的直徑是 100—200 公尺。

寰形山壁的高度是從 300 到 7000 公尺。有時在寰形山的中央還聳立着一個"中央小山"。肉眼可見到一些圓形的大黑斑(圖 7)——

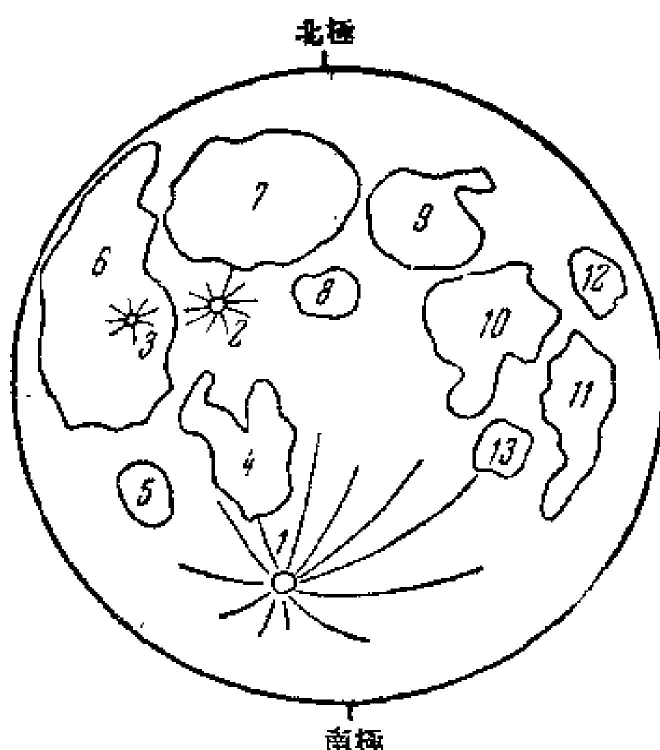


圖 7. 月面簡圖

1. 第谷寰形山；　2. 哥白尼寰形山；　3. 克普勒寰形山；
4. 雲海；　5. 濕海；　6. 暴風洋；
7. 雨海；　8. 汽海；　9. 澄海；
10. 靜海；　11. 豐富海；　12. 危海；
13. 酒海。

這是寬廣的平原，最早的觀測者稱它們爲"海"。用本書附載的月亮圖可以熟悉月亮上主要的山和"海"。這些"海"都有着極爲奇怪的名稱：危海、冷海、暴風洋等。寰形山大多用著名天文學家和歷代各國學者的姓名來命名的。月亮上有些山的高度並不小於地球上的山（高達 7—8 公里）。當這些山位於明暗界綫附近時，我們測出它們影子的長度，就可以算出它們的高度（圖 8）。

月亮表面還有一個特徵，這就是亮線系統，它從某些大的寰形山（第谷、克普勒、哥白尼）向四方散開；這種寬爲幾公里的亮線穿過山和海有時伸延到離系統中心 5000 公里的遠處。這些亮線在滿月時，

卽當太陽光線以足够大的角度照在月亮表面上時，顯得最清楚；而當日光斜射時，白的亮線就消失了。這也許可以這樣解釋：由於火山作用或大隕石落下所引起的爆發，使物質向四面八方拋出，這些物質由山石粉末（像絕大多數物質成粉末狀態時的情形一樣，是呈白色的）和比較大的質點組成。當光線斜射時，大質點的影子就使亮線變得不明顯了。

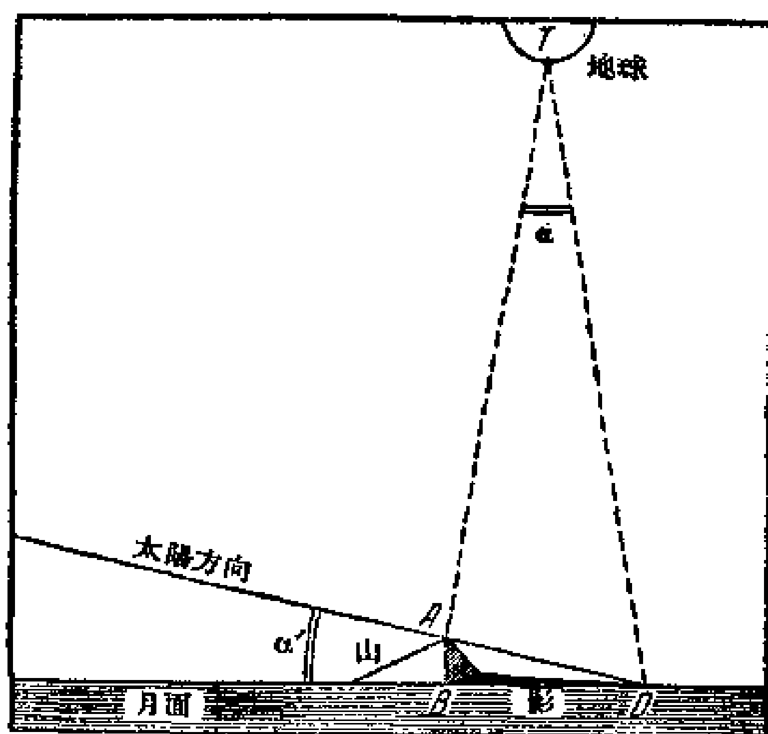


圖 8. 月面山峯高度的測量法。量出 α 角，已知觀測時刻可算出角 α'。再從三角形 OBA 可以算出山峯的高度 BA。

月亮表面很多地方也會發現有一些黑的隙縫——想必是很深的——和壕溝。

由月面溫度的測量可知，月亮表面溫度的變化是從 +135°C 到 −160°C。因爲沒有大氣，所以月面在白天（長達兩星期）和黑夜（也長達兩星期）中就會強烈地變熱和變冷。從月食時所觀測到的月亮表面溫度急劇下降的情形（兩小時內變化 250°C）可知，月面的導熱率非常小，而只有當月面上蓋有一層灰塵狀物質時才可能有這種情

況。我們可以用月亮上溫度巨大變化的影響，宇宙塵的落下和隕石落下時所產生的爆裂來解釋月面上塵土的形成。像地球一樣，月亮上每晝夜都落有幾十萬個隕石。這些隕石在地球大氣中都燃燒和散失了，而在月亮上就無阻礙地飛達月面，有時達到每秒幾十公里的巨大速度；由於這樣的打擊不僅是隕石而連月亮表面都碎裂渙散了。

寰形山形成的原因曾經長期成爲爭論的題目。現在有兩種主要的寰形山起源的假說：火山假說和隕石假說。依第一種說法，在過去曾經產生極猛烈的火山現象——月面噴火、壓縮、裂開，巨大的氣泡從月亮內部發出而爆裂；結果在月面上就留下了環形的山壁，並且有時還有中央小山。依第二種說法，當龐大的隕石落下時產生巨大的爆裂，使得月面物質向四面對稱地拋出而形成了寰形山。在地球上發現了十多個類似月亮上的隕石坑，它們非常小但都具有月面寰形山的一切特性。譬如，美國亞利桑那州的隕石坑（名爲魔谷，直徑爲1190公尺），1947年發現的澳洲烏耳夫-克里克隕石坑（直徑853公尺），愛捷耳島（屬愛沙尼亞蘇維埃社會主義共和國）上的一些隕石坑——其中最大的直徑爲91.5公尺，最後還有一些隕石坑（有120個，直徑從1到29公尺）是1947年2月12日在西伯利亞的西霍特-阿林降落的一批隕石所造成的。

月面寰形山起源的問題到現在還沒有得到最後解決。有人推想，大的寰形山可能起源於火山，而小的由隕石所造成。

3. 太　陽

太陽是離我們最近的恆星。

太陽是一個熾熱的氣體球。它包括了全太陽系 $99^6/_7$ % 的質量，而行星的質量總共只佔全太陽系質量的 $^1/_{700}$。太陽直徑等於1,390,600公里（爲地球直徑的109.1倍）*。

太陽外層（表面）的溫度是6000°左右。根據現代的恆星內部構

* 太陽的數據列在表XII中。

造理論研究，溫度隨深度增加而急劇地昇高，因而太陽中心的溫度就要達到二千萬度，壓力爲 2000 億大氣壓，密度爲 70 克/厘米^3。在太陽內部深處由於極高的溫度和上面各層的巨大壓力，使原子核反應能不斷進行，這樣產生了太陽的能量。

這種能够放出大量能量的原子核反應之一就是氫核(質子)穿入較輕元素(例如碳和氮)的原子核中而形成氦原子核的反應。

我們如能測出單位時間內垂直通過在地球大氣外面，日地平均距離處的單位面積上的太陽輻射能量，就可以算出太陽發出的總能量和太陽的溫度。

測量太陽輻射要用一種特殊的儀器——**太陽熱量計**。我們算出地球大氣的吸收以後，就可得出垂直於太陽光的地球表面每平方厘米面積上在一分鐘內所得到的熱量卡數，這個數值叫做**太陽常數**。太陽常數(實際上它隨太陽活動情況而略有變化)平均等於 1.94 小卡*。因爲太陽半徑是日地平均距離的 $\frac{1}{215}$，所以太陽表面面積就是以 149,500,000 公里爲半徑的球面面積的$\frac{1}{215^2}=\frac{1}{46,225}$倍。因此，太陽表面每平方厘米面積上每分鐘發出的熱量是 $1.94\times 46,225=89,676$ 卡**。

按斯德方-波茨曼(Stefan-Boltzmann)定律(參看 224 頁)絕對黑體***表面一平方厘米面積上一分鐘內輻射的熱量是 $76.8\times 10^{-12}T^4$ 卡。這樣，假如太陽輻射是絕對黑體輻射，那麼太陽溫度就等於

$$T=\sqrt[4]{\frac{89,676}{76.8}\times 10^{12}}=5845°\text{K}^{****}.$$

每分鐘太陽因輻射而損失大概 2 億 4 千萬噸質量*****；太陽

* 太陽常數的另一種表示是每秒每平方厘米面積上 1.35×10^6 爾格。

** 或爲每秒 6.25×10^{10} 爾格

*** 參閱 84 頁的註。

**** 這是絕對溫度標[開耳芬(Kelvin)溫度標]，它的起點讀數是 $-273°.16$C。

***** 一年是 132×10^{12} 噸。在 150 萬億年中太陽將消耗其質量的百分之一。

輻射到地球上的是其總輻射的 $^{1}/_{2,200,000,000}$，這等於 180 萬億 (180×10^{12}) 瓩。這個能量的一半左右被雲和地面反射掉了，被地球大氣散射和吸收掉了。

太陽除發出輻射能以外，還射出成羣的帶電質點(微粒輻射)，譬如氫原子，它以高達 300 公里/秒的速度衝進地球大氣並引起了極光。這種輻射隨時間不斷變化，並且在太陽表面不同部分的輻射也是不一樣的。

太陽的表面就是所謂光球，這是太陽氣體球的一個不嚴格的界線，在它上面是太陽大氣的各層。和任何在高壓下的氣體一樣，光球的光譜是連續光譜；光譜中能量的分佈是相當於 6000°K 的温度。我們在太陽表面可以看到各種不同的組織：太陽黑子(有時甚至肉眼能看到)、光斑(比光球明亮的斑點)和像煮熟米粒似的米粒組織。在大黑子中可以看到黑暗的本影(或核)，它的周圍有較亮的半影(圖

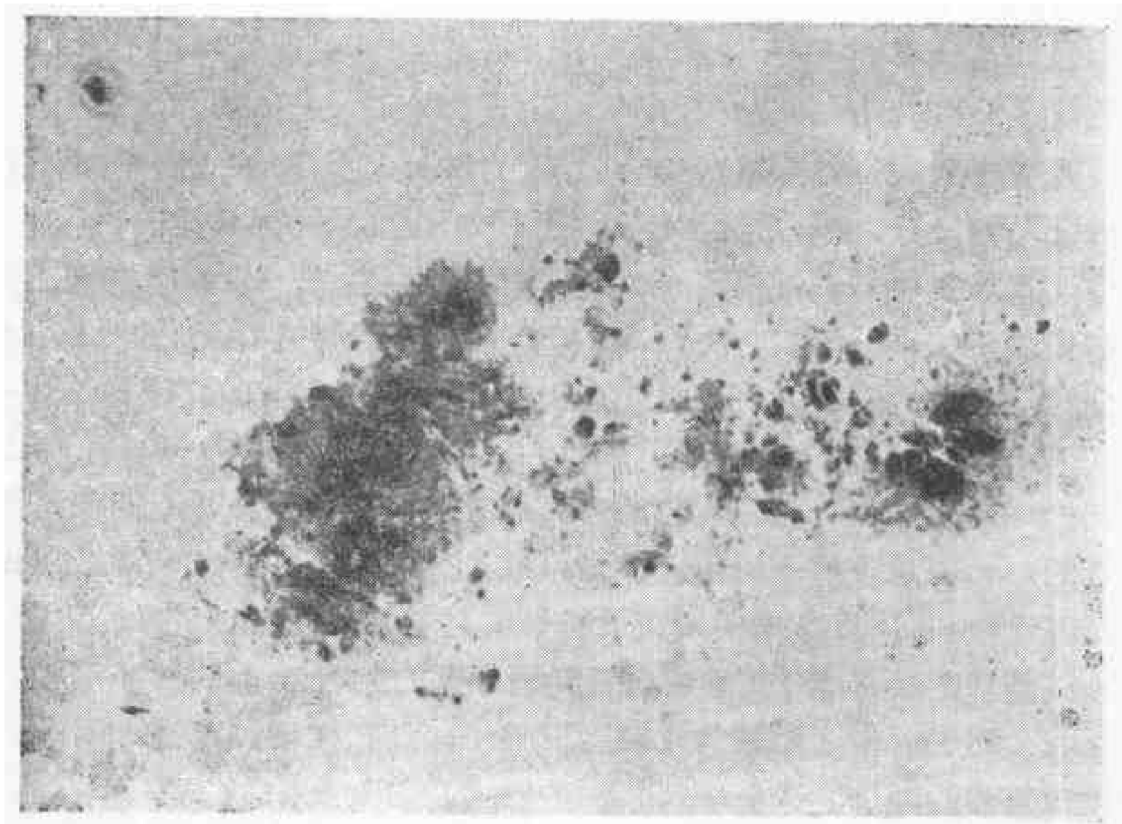


圖 9. 一羣太陽黑子

9)；本影和閃耀奪目的光球比起來顯得很黑暗，然而黑子本身也是非常亮的，因爲它的溫度極高（4300—4800°K*）。黑子比鎔鋼還熱，比電弧火花還亮；黑子的形狀各有不同，但大多數是圓的。

詳細地研究太陽黑子光譜，就能測定黑子中物質運動的速度和方向，由此可知太陽黑子是一種旋渦：色球中的物質向黑子核心方向流進然後落下去，而反變層中物質的運動方向與此相反。

黑子形成後，從一個剛剛能看得出的小孔逐漸發展，經過一天到幾個月的時間，然後漸漸消失。黑子的大小常達到2′，卽90,000公里（爲地球直徑的七倍）。有時出現巨大的黑子；譬如，1947年從3月8日到3月17日曾觀測到長度爲214,600公里（爲地球直徑的17倍）的結構複雜的黑子，它所佔的面積是太陽視半球面積的千分之四多一點；到3月17日這個黑子就轉到太陽背面而看不見了。黑子常成對或成羣出現。

大黑子和黑子羣出現時地球上常常同時發生磁暴。黑子從太陽東邊向西邊移動，從而我們發現了太陽繞軸自轉；而同時黑子本身在太陽表面也有一點移動。

黑子的數目，以及被它遮去面積的相對大小（卽佔太陽全部視半球面積的幾分之幾）是太陽活動（見下文）程度的一種標誌。

太陽米粒——極不穩定的橢圓形明亮斑點——像網一樣地（米粒組織）佈滿在全部光球上（圖10），個別米粒斑存在的時間只有幾分鐘。米粒的大小各有不同：最大的達0″.5—0″.7，卽直徑爲400—500公里，平均爲100公里。米粒的溫度比光球高300—400°，亮度比光球的強10%。迅速變化的米粒的存在證明了光球是不斷在運動着的。光斑呈各種不同形式的纖維狀，它們比光球明亮，因爲太陽圓面邊緣較暗，所以該處的光斑就特別容易看到。光斑位於米粒上面，光斑總是圍繞着黑子（雖然也看到過單獨的光斑），有時候並形成遮蓋着太陽表面較大面積的光斑區。黑子、光斑、光斑區都是太陽活動比較劇烈的區域。

* 有一次曾觀測到溫度爲3680°K的黑子。

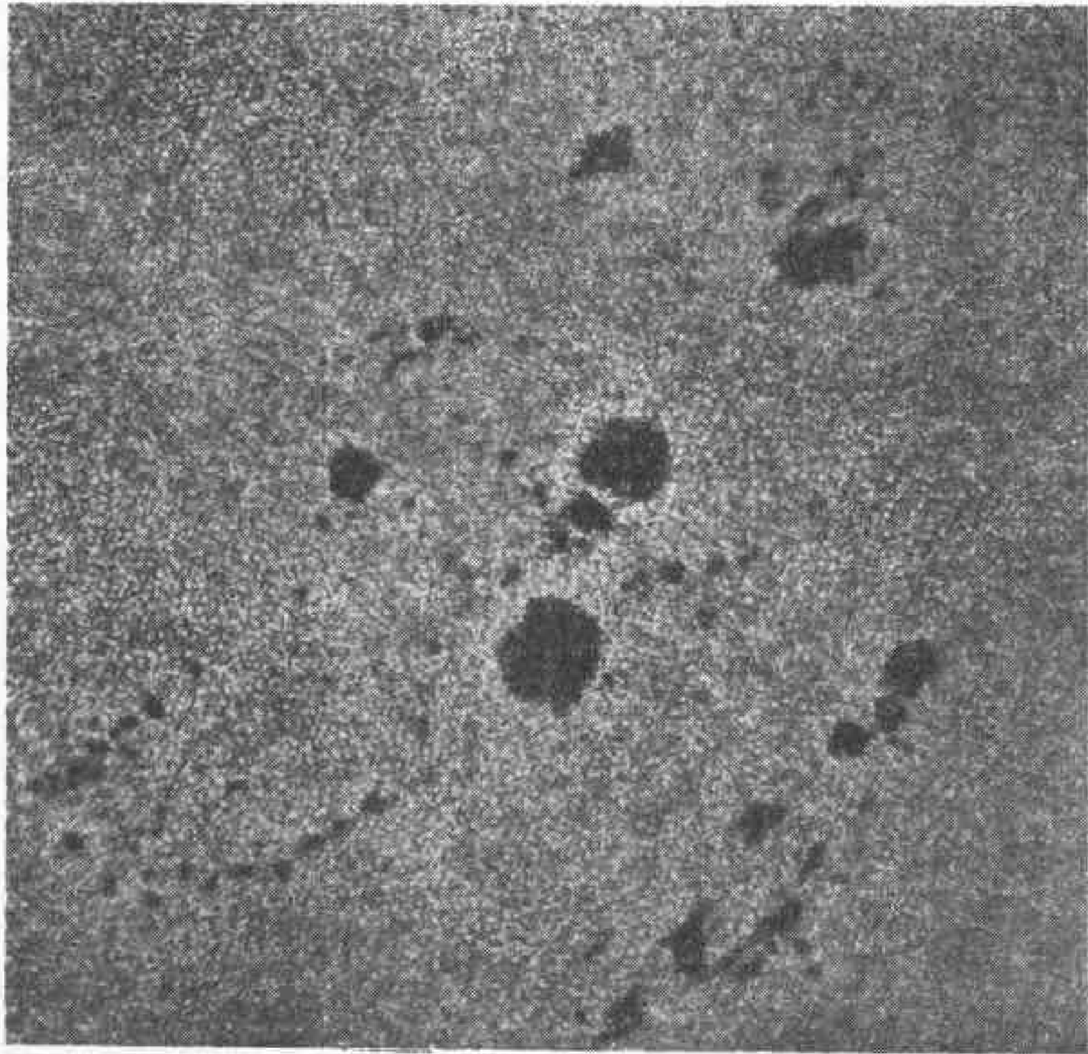


圖 10. 太陽的米粒組織

從太陽黑子運動的觀測和光譜觀測，可以知道太陽不是像固體一樣地繞軸自轉，太陽表面不同區域以不同的速度旋轉着。赤道區轉得最快：赤道上各點在 25.19 日中週轉一次，緯度 15° 處週轉一次的時間是 25.50 日，緯度 30° 處——26.53 日，緯度 60° 處——31.0 日，而近極處是 35 日左右。根據太陽黑子測定出來的每日自轉角速度是：

$$\eta = 14^\circ.37 - 2^\circ.60 \sin^2 \varphi,$$

其中 φ 是從太陽赤道向兩極計算的日面緯度。

一百多年前(1844年),天文愛好者,藥劑師史瓦貝(Schwabe)發現了太陽黑子活動的週期性。平均每11.13年中黑子數目有一次極大值。兩次相隣極大年份的間隔是從7.3年到17.1年。圖11甲表示在1750—1952年中太陽黑子數目的變化(參閱表XIII)。最近一次太陽活動的極大年份是在1947年;這是近200年來最大的一次。在圖中也能看出高而尖的極大期的週期與低而平的極大期的週期交替的情況。此外,也確定了極大值的平均數值有長週期的變化,其週期約爲80—90年,這可從圖11甲中看出。

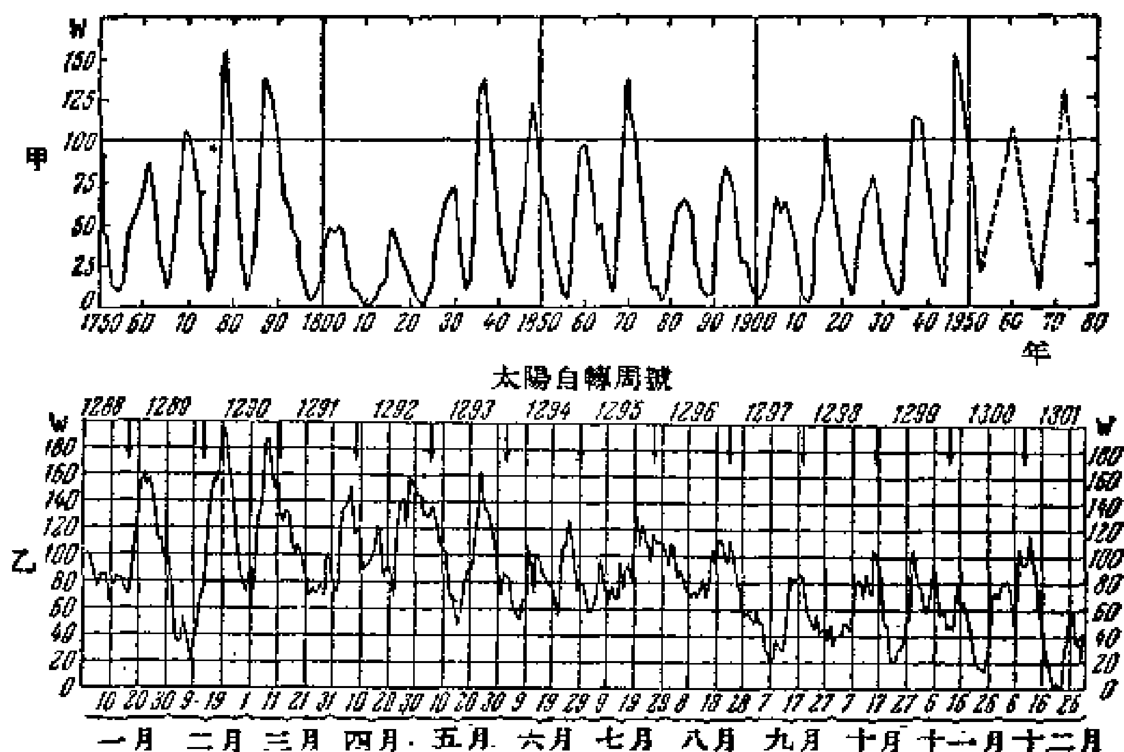


圖11. 甲、太陽活動曲線:從1750到1952年太陽黑子數 W 的年平均值(虛線代表到1975年的預測曲線);
乙. 1950年太陽活動曲線。明顯地顯示出太陽的自轉周期。

我們研究了太陽黑子中磁性現象(根據黑子磁場對它的光譜線的影響)之後,就會瞭解太陽活動的變化的一個全週期是22年左右。

早就注意到,黑子不是在太陽全部表面上出現的。在每個新週

期的開始，黑子都是出現（常是成對地）在赤道兩邊，大概是緯度±35°處，同時太陽北半球每一對黑子中，在前面（按太陽自轉的方向）的黑子具有北極磁性而後面的具有南極磁性(圖 12)。黑子的磁場強度超過地球磁極強度好幾千倍。

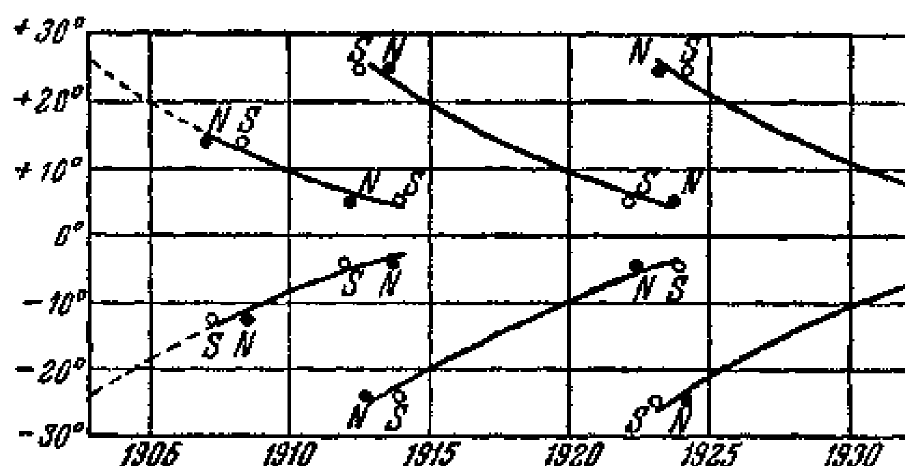


圖 12. 太陽黑子日面緯度隨時間的變化和各週期的太陽黑子磁性

以後，黑子就逐漸地愈來愈近赤道出現，但很少能近於6°。到極小期時它們就消失了。黑子數目極大時是出現在緯度 ±16° 處。到一個新週期開始時黑子又重新出現在日面緯度 ± 35° 附近，不過這時北半球的先行黑子具有南極磁性而隨從黑子具有北極磁性；南半球黑子磁性的變化情況則正好相反。已經發現的太陽總磁場比黑子的磁場弱得多*。

太陽被一層熾熱和發光的大氣包圍着。即使在太陽大氣的最下層，氣體的壓力也比地球表面上大氣壓力要小一千倍，太陽大氣中物質的密度比地球大氣中物質的密度要小得多。然而由於從光球發出的光的複雜散射過程，太陽大氣的光學透明度極小——我們眼睛不能看到它內部的深處**，而我們看太陽邊緣時，所能看透的太陽大氣

* 太陽總磁場強度不超過 18 奧斯特，有時會小於 5 奧斯特，而黑子磁場強度有時會達到好幾千奧斯特。

** 實際上我們視線所能達到的深度就定爲所謂光球的表面。

層比看圓面中心時所看透的太陽大氣層較高，因而較冷(圖 13)。這就說明了所謂臨邊昏暗現象——圓面中心亮度比平均亮度大 16%。

太陽大氣通常可分爲下列幾層(圖 14)，但在這些層之間並沒有什麼嚴格的界限。

(1) 反變層厚約 500 公里，是由很多化學元素的熾熱氣體和蒸汽所組成的。我們從太陽光譜中的暗線(吸收線)可以斷定這些元素的存在。輻射能量的吸收和散射主要就發生在反變層中，這些吸收和散射

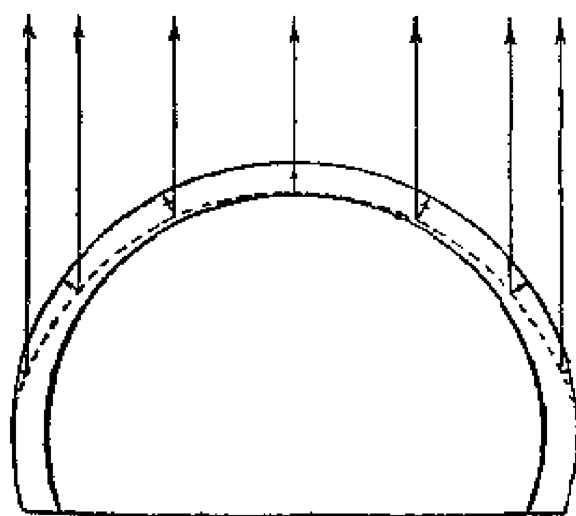


圖 13. 日面臨邊昏暗現象的說明。虛線表示觀測者視線所能達到的深度。

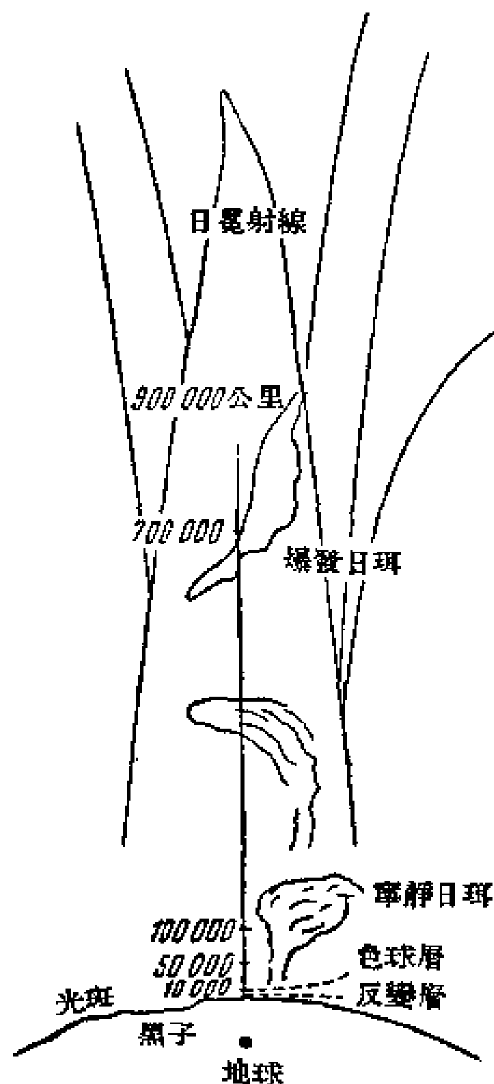


圖 14. 太陽大氣的構造(簡圖)。爲了比較，繪出了地球的大小。

就是產生方和斐暗線的原因(參閱 221 頁)。日全食時在幾秒鐘內可以拍攝反變層本身的光譜(所謂閃光光譜，圖 15)。閃光光譜由反變層的物質所產生的幾條亮線組成，——所有暗線都變亮，而連續光譜也消失了。反變層的溫度約 4700°。

(2) 色球位於反變層上 14,000 公里處，呈顯著的紅色。色球光譜中電離的鈣線、氫線、氦線和鎂線特別強。在太陽邊緣附近的色球

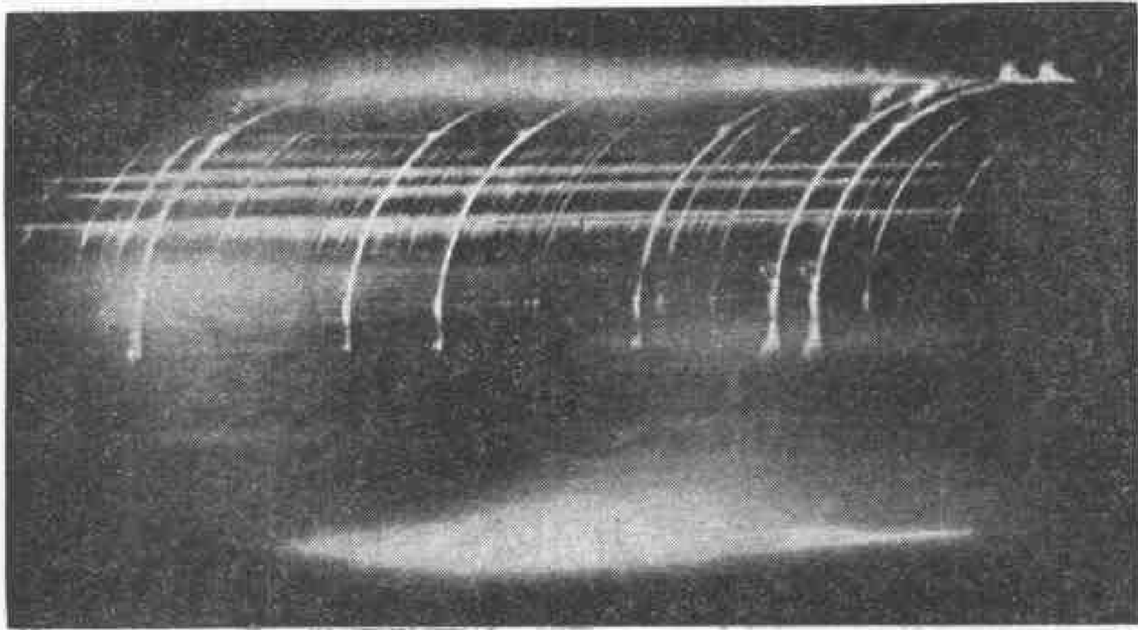


圖 15. 閃光光譜

輪廓是鋸齒狀的，好像由無數熾熱的小葉片所組成。

日珥是日面上巨大而突出的熾熱發光物質，在日全食時可以很清楚地看到，不在日食時用特殊光譜儀器或干涉濾光片也可以觀察到。根據日珥的形狀及日珥內物質運動的速度和特徵，可以知道一個日珥是屬於下面的那一類。



圖 16. 寧靜或雲狀日珥

寧靜日珥——其中物質運動和形狀的變化都很緩慢；存在的時間從幾個星期到幾個月。這是一種極稀有的日珥類型，不過在所有日面緯度處，都能觀測到它（圖16）。

活動日珥——其中的物質流是從日珥到光球以及從一個日珥到另一個日珥很快地運動着。

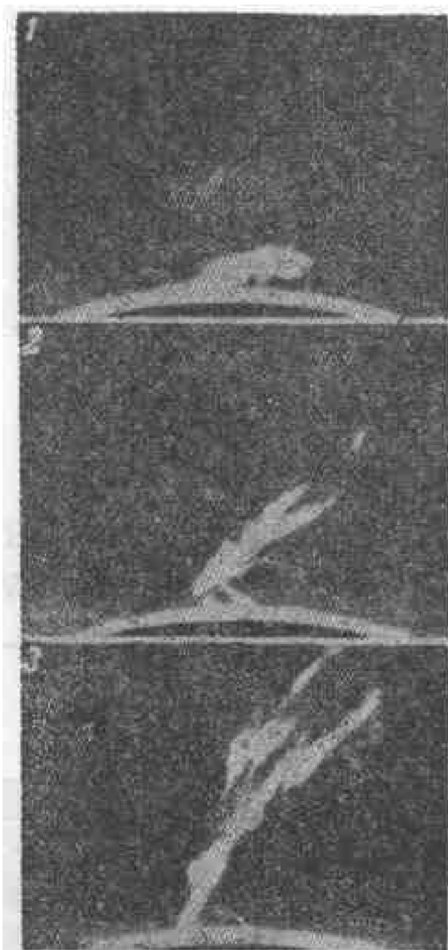


圖17. 1937年9月17日的爆發日珥
1. 14時51分；2. 15時6分；3. 15時14分。

爆發（或噴射）日珥——它的形狀就像是一些巨大的噴泉。它可達太陽面上一百萬公里的高度*。爆發日珥中的物質集團迅速運動着，這種日珥以每秒幾百公里的巨大速度**噴射着並很快地改變着日珥的形狀。當高度增加時日珥就減弱了並好像擴散了（圖17）。爆發日珥常和太陽黑子有關。

黑子型日珥是一種特殊的日珥，它們像許多小塊的雲形成在色球上，然後匯合成一塊雲，雲中的發光物質流成股地向色球落下。

有一個有趣的現象就是從日珥的連續拍照中可以看出，日珥中物質的運動，主要是從上向下而不是從下向上的；因此把各種形狀的日珥都比作是從太陽內部噴射出來的噴泉是不正確的。用某一條譜線（譬如氫線或鈣線）的光來拍太陽的照片（這叫做太陽單色光照片），就可以從它上面看出太陽圓面上（而不僅在邊緣）的

* 1946年6月4日曾紀錄下一個日珥的高度達1.22太陽直徑（168萬公里）。

** 最高速度的紀錄是720公里/秒。

日珥來，它呈黑暗的纖維狀（圖 18）。

日珥的溫度約爲 5000°K，大約和反變層的溫度一樣。

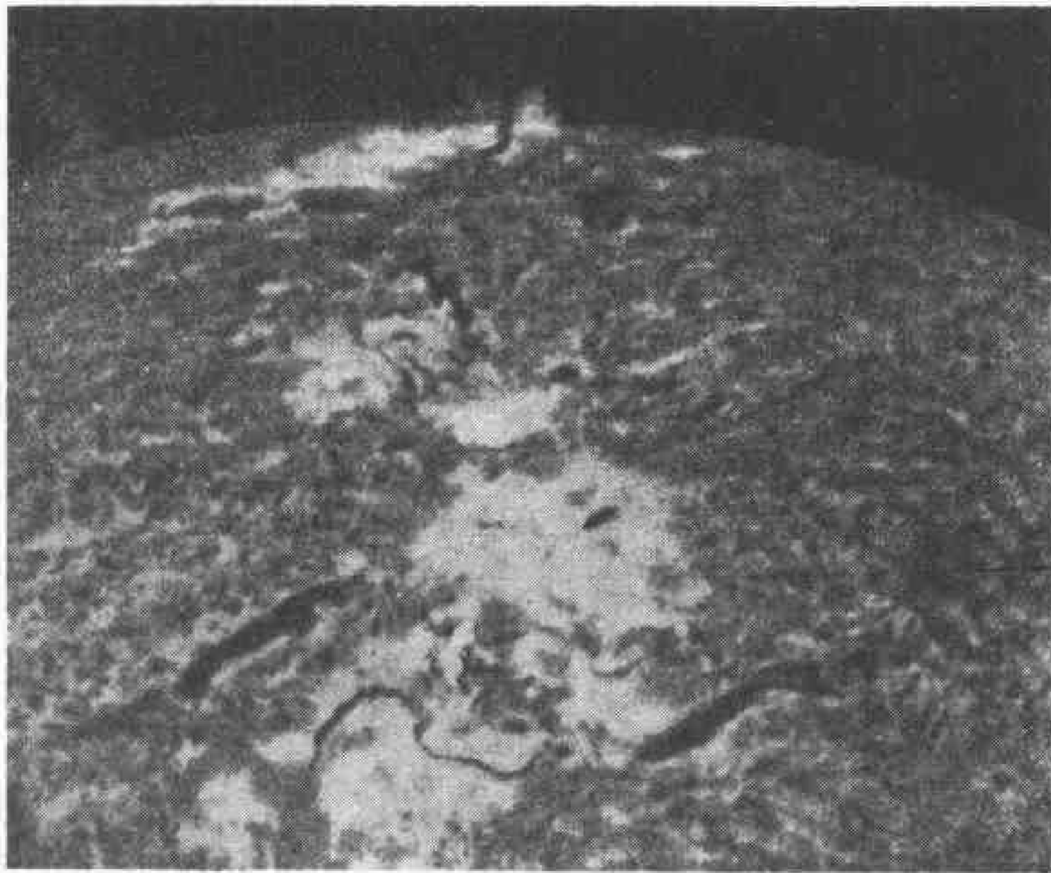


圖 18．用氫線拍攝的太陽單色光譜圖。圖中可見纖維狀暗條和太陽邊緣附近的明亮和黑暗斑點

日珥的化學成分一般和反變層的相同，但寧靜日珥光譜中氫線及一次電離的鈣線是最主要的譜線；而在和太陽黑子有關的日珥光譜中（大部分噴射日珥都是這種日珥）金屬線却是最顯著的。

直到現在還沒有一個能够完滿地說明有關日珥所有各種現象的理論，無疑地在這問題上除了重力和光壓以外，主要就是電力和磁力起着重大作用了。

（3）日冕是太陽大氣的最外層，它伸延在離表面好幾個太陽半徑的距離處。日冕的密度極小。只有在日全食時才能清楚地看到日冕閃耀着柔和的淡黃銀色的光芒，並有着直的和彎的日冕射線以及

羽扇的形狀。射線向四面八方射出，羽扇狀日冕則呈圓弧形緊纏着日面邊緣。日冕的形狀隨太陽活動的情況而變化。

日冕由異常稀疏的氣體、極小的固體塵埃質點和自由電子組成。從日冕光譜的研究可知日冕分爲兩層——內冕（高達光球之上200,000公里）和外冕（在這個界線以上）。在內冕光譜中發現了連續光譜的背景上有26條亮線，這些是在色球以及太陽大氣其他部分的光譜中都沒有見到過的。其中最亮的是波長爲5303Å的綠線、6375Å的紅線以及10,747Å和10,798Å的紅外線。很久以來日冕的光譜線一直是個謎，甚至有人認爲這是屬於一種特殊的元素，並定名爲"氪"。但後來證明了日冕譜線是多次電離（從10到16次!）的鐵、氬、鎳和鈣原子所產生的。這個發現又使科學家面臨一個新的難題，因爲這一發現證明了內冕的溫度高達一百萬度左右*；若干其他觀測，譬如，太陽無線電輻射的觀測（參閱46頁）也證實內冕中極稀薄的物質有如此高的溫度。

日冕光譜的綠線和紅線後來也在再發新星蛇夫座RS星、羅盤座T星和北冕座T星的光譜中發現了。

外冕具有連續光譜，光譜中有吸收線。

從1930年起才能在非日食時拍攝日冕，然而最好的日冕照片畢竟還是在日全食時才能照到（圖19）。日冕隨黑子活動的情況而改變形狀、大小、強度和射線的分佈。日冕總亮度大概是太陽亮度的一百萬分之一，或滿月亮度的一半。在黑子極小時期，日冕就暗弱了，僅在赤道區域可見日冕射線；而在黑子極大期，日冕的明亮射線從太陽側面向四面八方射出。

地球上已知的化學元素中用光譜方法已在太陽上發現的至今約有70種，其中包括金和放射性元素鈾。此外，還發現了約20種化合物，譬如：OH，NH，CN，O_2，CO，CaH，TiO，MgO，C_2等等。並不

* 這樣高的溫度是遠遠超出通常冷熱的觀念。我們知道，在物理上氣體的溫度決定於其質點不規則運動的熱速度（所謂運動溫度）。

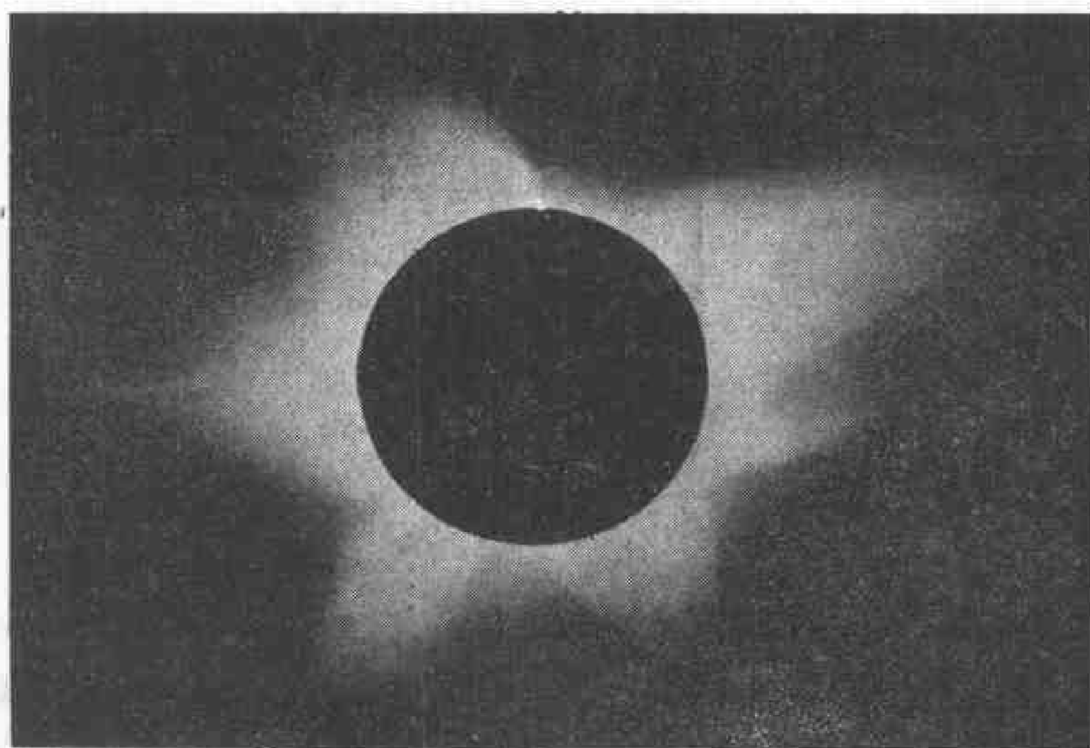


圖 39. 日冕照片（1936 年 6 月 19 日蘇聯科學院通訊院士 A. A. 米哈伊洛夫所攝）

能因沒有其他元素的光譜線，就認爲太陽上沒有這些元素；它們可能存在於太陽內部或是這些元素的光譜線處在目前觀測尙不能達到的太陽光譜區域中。

表 3 中列出了太陽大氣中一系列化學元素含量的百分數。第三欄裏列出太陽大氣中底面積爲 1 平方厘米的垂直柱體中所含有每種元素的全部質量。

太陽外層和太陽大氣中的現象，大部分還沒有完滿的解釋。譬如：太陽活動的 11 年（其實該是 22 年）的週期性（表現在黑子、光斑、光斑區、日珥等的形成上和日冕形狀的變化上）；當新的週期的黑子出現時，黑子磁場磁性的變換也是一個謎；一個週期中黑子所出現的日面緯度，漸次減小也還沒有解釋。

太陽活動影響着地球大氣總的環流以及雨雪降落量等等。

太陽表面的各種現象反映在地球上就成爲地磁擾動和磁暴（表

表 3 太陽大氣中各種化學元素的含量

元素	含量百分數（體積）	質 量（1厘米^{2}上的毫克數）	元素	含量百分數（體積）	質 量（1厘米^{2}上的毫克數）
氫	81.760	1200	鋁	0.0002	0.1
氦	18.170	1000	鎳	0.0002	0.2
氧	0.03	10	鋅	0.00003	0.03
鎂	0.02	10	鉀	0.00001	0.003
氮	0.01	2	錳	0.00001	0.01
矽	0.006	3	鉻	0.000006	0.005
硫	0.003	1	鈷	0.000004	0.004
碳	0.003	0.5	鈦	0.000003	0.003
鈣	0.0003	0.2	銅	0.000002	0.002
鐵	0.0008	0.6	釩	0.000001	0.001
鈉	0.0003	0.1			

現爲羅盤磁針的變動，無線電通訊的擾亂等)、極光、大風暴和地球大氣中其他的電現象。譬如，短波無線電的擾亂通常都和太陽色球爆發有關，因爲色球爆發引起了太陽紫外輻射的激劇增加(特別是氫線 L_α 1216 Å)。

太陽現象和地球現象的關係以及"磁天氣"的預告，都是專門的太陽聯合觀測的研究對象，而業餘太陽觀測也很有助於這種研究。這種研究在國民經濟上，在發展無線電通訊上都有很大的實用價值。

太陽除有一般的輻射以外，近年來還發現有強力的特別是波長約爲 5 公尺的無線電輻射。1947 年 5 月 20 日蘇聯日蝕觀測隊在巴西所進行的觀測指出：在全食時太陽無線電輻射的強度僅降低一半，而總輻射強度卽減少了一百萬倍。這就說明了太陽的無線電輻射主要是來自太陽大氣(包括日冕)。

普通的太陽無線電輻射是相當於溫度爲一百萬度的絕對黑體輻射，但有時觀測到的爆發却相當於幾萬萬度的高溫。

4. 太 陽 系

太陽系包括：中央的天體——卽太陽，九大行星及其 31 個衛星，

約1600個已被發現的小行星*，大約100個已知的短週期彗星和50個以上的已知流星羣，形成所謂黃道光（參閱73頁）的塵埃物質，以及一些散佈在行星際空間中的流星物質。

圖20是按照行星相互距離比例所畫的太陽系全貌，其中除行星軌道外還畫有哈雷週期彗星的軌道。

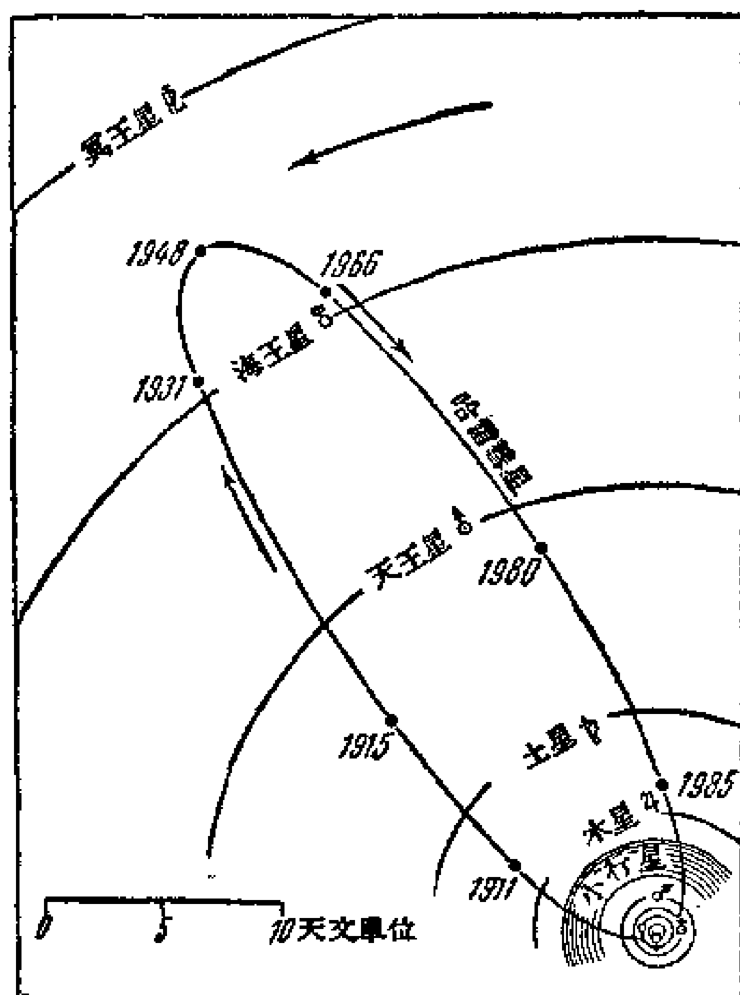


圖20. 太陽系圖

圖21表示行星軌道面對黃道面（卽地球軌道面）的傾斜度。

嚴格說來，行星圍繞全太陽系的公共重心公轉，太陽本身也圍繞着這個重心而描繪出如圖22所示的複雜曲線。1951年這個質量中

* 包括最小的小行星在內，它們總數大概超過50,000個。

心幾乎和太陽中心相合，而到1953年又重新超出了太陽球體的範圍。虛線表示1950年初太陽的位置。

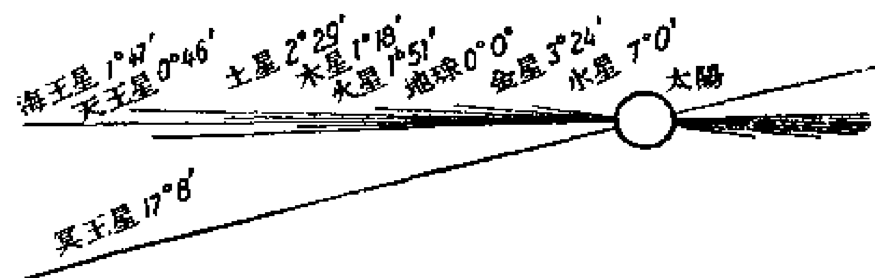


圖 21. 行星軌道面對地球軌道面(即對黃道面)的傾斜度

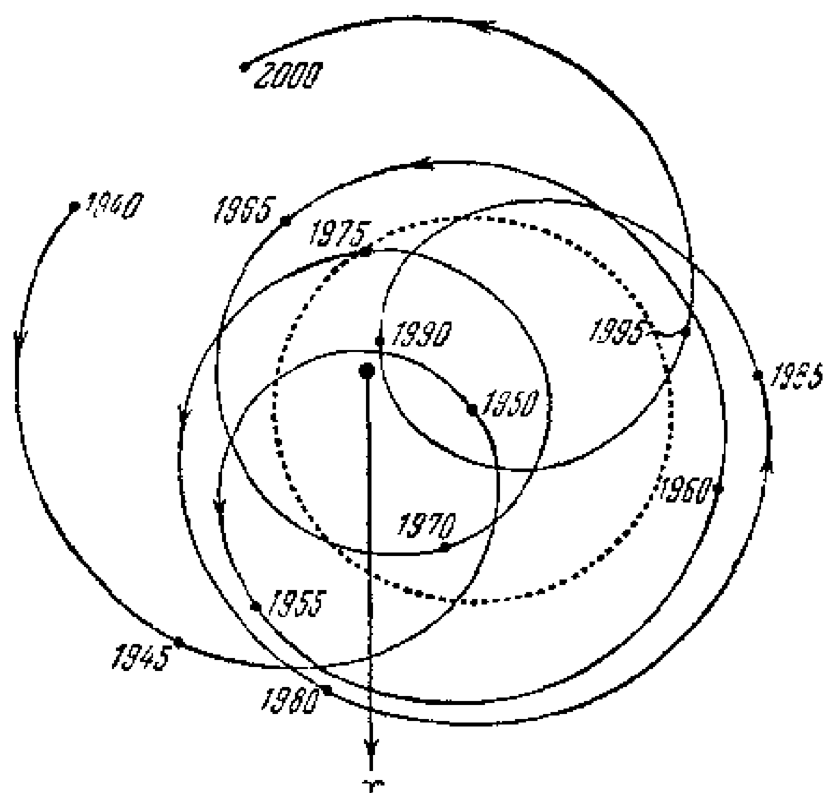


圖 22. 從1940到2000年的太陽中心相對於太陽系質量中心的運動。♈表示春分點的方向。

圖23表示行星和太陽(白的圓面)比較的大小，這個圖同時還表示出若干衞星的分佈情況和各行星赤道面相對於黃道面的位置，圖中的黃道面平行於圖中的底線。

太陽帶着全太陽系在空間對周圍的恆星以 20 公里/秒的速度向武仙座的方向運動，這個方向就是太陽運動奔赴點的方向，奔赴點的坐標是：$\alpha=270°$，$\delta=+30°$。此外太陽和周圍的恆星一起參與銀河系的自轉運動，太陽以 250 公里/秒的速度運動着，在一億八千萬年中圍繞銀河系中心旋轉一次。

所有關於太陽系成員的數據都歸集在表 VI—XIX 中。

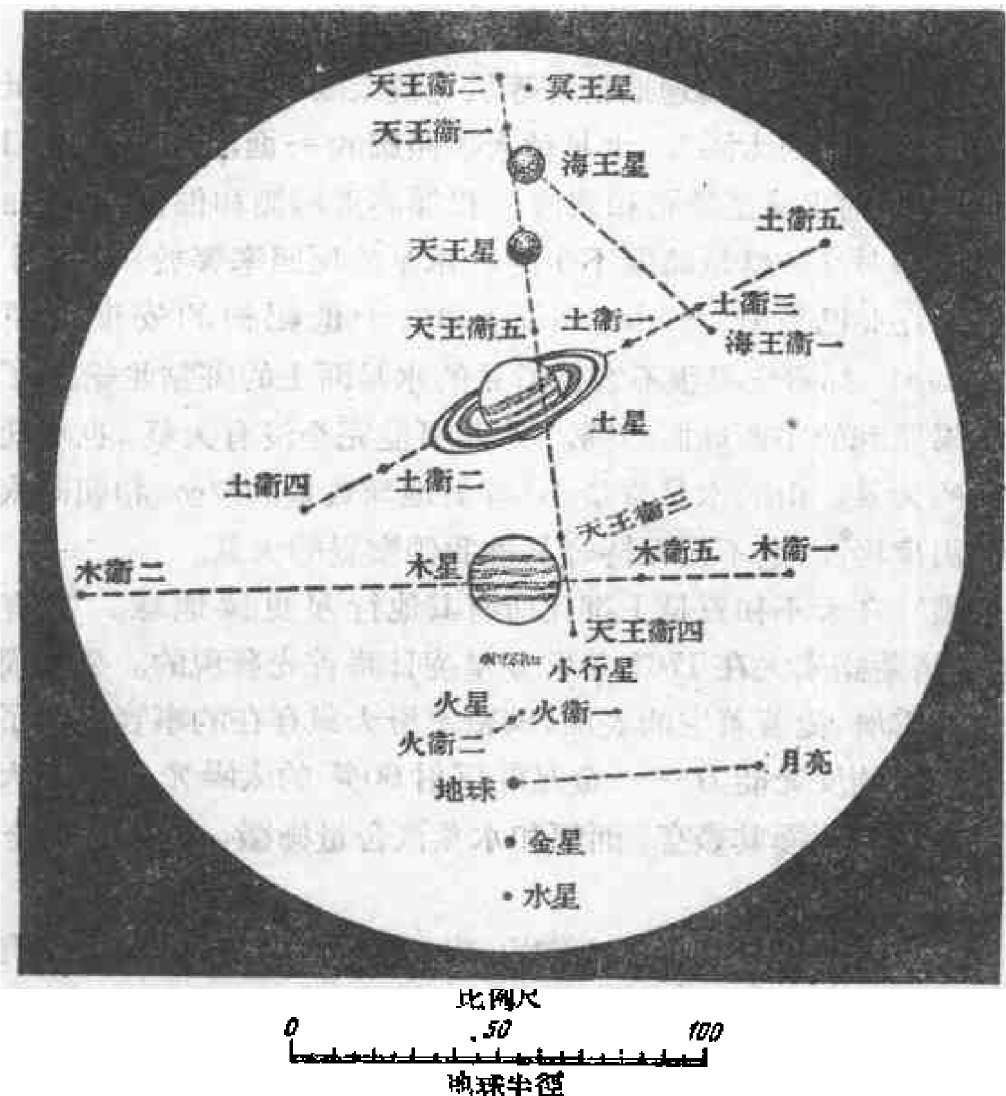


圖 23. 行星和太陽比較的大小及若干衛星的分佈情況

5. 行　星

五個"遊蕩的星"——行星——早在古代就知道了；天王星是在

1781年被W.赫歇耳偶然發現的，海王星是1846年伽勒發現的（勒威耶先根據天王星運動所受到的攝動算出海王星的軌道和位置，伽勒才由觀測發現的），冥王星是在1930年被C.湯鮑發現的。

行星是圍繞太陽公轉的不發光的球體。行星的軌道幾乎都在同一個平面上，其中只有水星和冥王星的軌道面和這平面的交角最大，傾斜角各為7°和17°。關於行星的物理性質及其軌道的數據都列在表XIV和表XV中。下面再補充一些對行星的簡短敍述。

水星　水星的自轉週期恰好等於它繞太陽公轉的週期。因此它總是用同一面朝向太陽*。水星被太陽照耀的一面溫度高達+412°C，而另一面則永遠是黑暗和寒冷。根據亮度觀測和偏振觀測知道水星表面和月亮一樣是崎嶇不平的。水星的反照率等於0.06。十九世紀的斯克亞巴烈里（Schiaparelli）和二十世紀初的安東尼亞迪（Antoniadi）都研究過很不容易看見的水星面上的斑點並繪製了水星被太陽照到的半個球面的圖。水星可能完全沒有大氣，也可能有極稀薄的大氣。由於水星質量小（等於地球質量的1/20）和朝向太陽一面的溫度極高，它不能保持容易被我們察覺的大氣。

金星　在大小和質量上都比所有其他行星更像地球。它有大氣，這是洛蒙諾索夫在1761年當金星凌日時首先發現的。金星周圍有稠密的雲層，掩蓋着它的表面，稠密雲層大氣存在的事實說明了金星具有較大的反光能力——金星能反射60%的太陽光。金星大氣的特點是碳酸氣極其豐富，而氧和水蒸汽含量極微，也可能完全沒有。

金星上有時可見到形狀不定的，變化無常的黑點，它們都沒有什麼明顯的邊界。由於金星表面沒有穩定的形象，所以金星繞軸自轉的週期以及軸的傾斜度至今還沒有完全確定。可以認為，這個週期約為30天。關於這一點的證明是：金星黑暗面的溫度是−20°C，而被照耀到的一面不高於+60°C；假如金星總是用同一面朝向太陽的

* 正和月亮總以同一面朝向地球的情況一樣。

話，溫度的差數就要大得多了。此外，光譜觀測也指出金星自轉不會太快。這裏所指的溫度是對周圍的雲而言，金星表面的溫度應該接近 +100°C。

火星　火星自轉軸對軌道面的傾斜度（約爲 65°）幾乎和地球一樣，而火星自轉週期（24時37分24秒）也接近於我們的一晝夜，因此在火星上天穹的視運動和地球上很相像。火星上也有類似的季節變換，不過季節的長短約比我們的季節長一倍。

火星表面有很多穩定的形象，這使我們能繪製頗爲詳細的火星

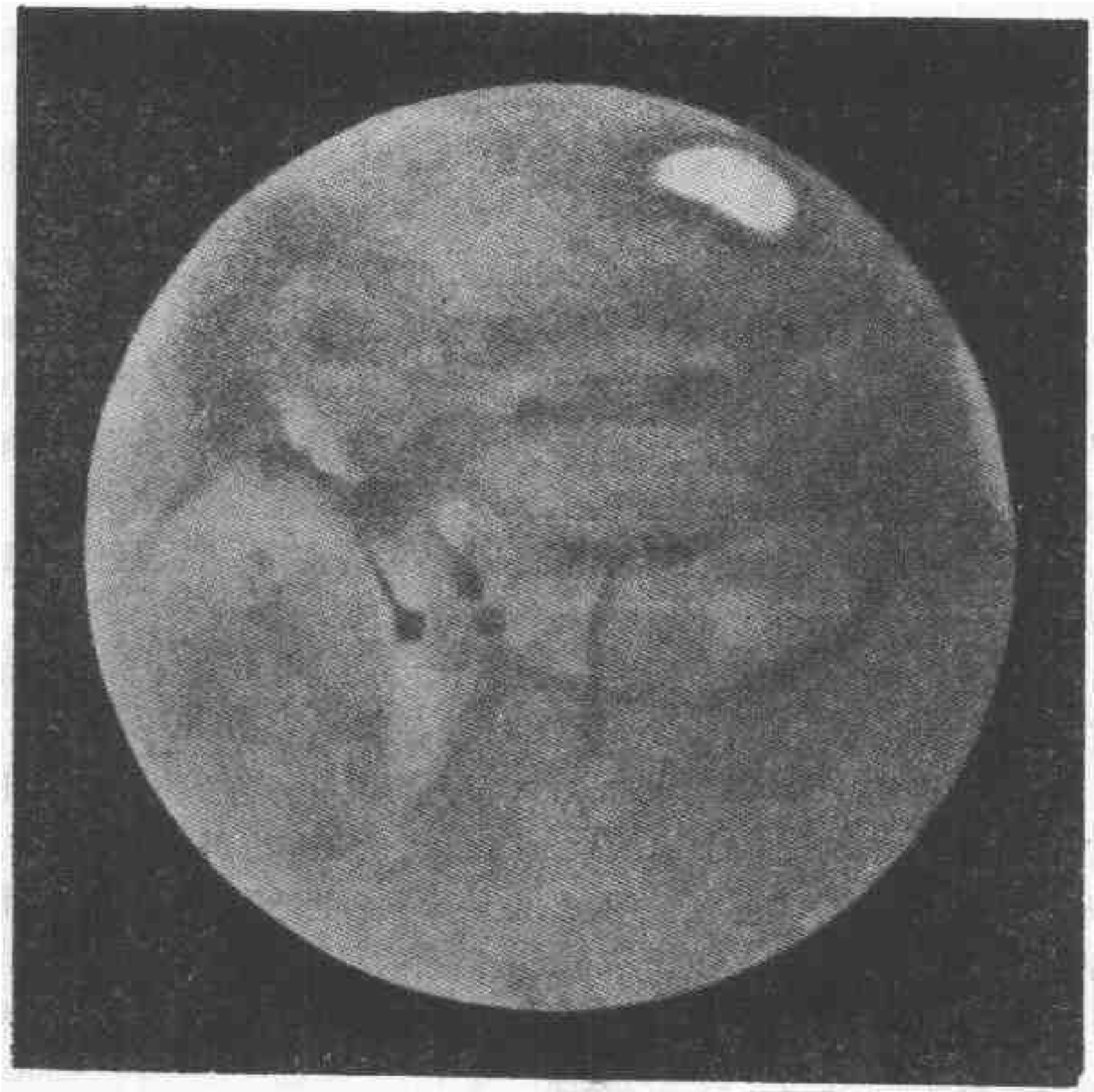


圖 21. 火　星

表面圖。

火星上的白點——極冠（圖 24）——隨着季節而變化，當某一半球的夏天到來時這半球的極冠就逐漸消失。綠灰色的斑點（海）佔火星表面三分之一左右，其顏色的濃度也隨季節而變化：當春天來到時，這些斑點的顏色就變深了。可以設想，此時極冠（大概是由一薄層雪或霜組成的）融化了，而低部平原——"海"——佈滿了植物。實際在火星上並沒有眞正的海或任何寬廣的有水區域。

火星表面的三分之二都是紅黃色，非常可能這是蓋着氧化鐵的空曠土地。

火星大氣的研究對火星上是否有生命存在的問題是極端重要的。極冠和早晨凍結的一條白帶（沿明暗界線可見）證實了火星上有大氣存在。另外在沿着明暗界線寬約 8° 的區域裏的晨昏朦影現象也證明了這一點。

根據 Н. Н. 塞金斯卡婭（Сытинская）的研究，火星表面大氣壓力爲 46 毫米（這相當於地球上海拔約 15 公里高處的壓力）。火星大氣成分中發現有碳酸氣，它比地球大氣中所含的多一倍。氧和臭氧在火星大氣中顯然是極少的。雲霧現象的稀少和當春天到來時極冠相當快的融化，都說明了火星上極少水分。

有時可以在火星上觀測到淡黃色塵埃雲的斑點，在火星圓面上明顯地移動。

火星表面溫度的測量指出：赤道帶中午時的溫度達 +30°C，而在兩極附近區域裏仲夏時爲 +6°C；夜間各處溫度都比 0°C 低得多。

蘇聯著名天體物理學家 Г. А. 契霍夫的多年研究證明了火星上有植物存在；Н. П. 巴拉巴舍夫（Барабашев）的工作也證實了這一點。火星上的植物應該是藍灰色的，就像地球上極北地區或高山區域中的植物那樣。契霍夫的工作創立了一門新的科學——天體植物學。

火星有兩個微小的衛星（直徑各爲 16 公里和 8 公里），要用最大的望遠鏡才能觀測到。最接近火星的衛星——火衛一——在 7時39分27秒中繞火星公轉一次，也就是比火星繞軸自轉要快得多；這是太陽

系中唯一的情況。就火星上的觀測者看來，火衛一是在西邊昇起，它逆向恆星的周日運動而運動着，然後落向東邊（這和恆星周日運動的方向正相反）。關於這點可參閱表 XVI 中太陽系各衞星的數據。

小行星　基本上分佈在火星和木星軌道之間，雖然其中有的小行星在近日點時極爲接近金星軌道［譬如，赫米斯（Hermes）］，有的甚至跑到水星軌道以內［愛克勒斯（Icarus）*］，而另一些在遠日點時卻又接近土星軌道，譬如希達谷（Hidalgo）（不過由於希達谷的軌道和土星軌道的傾斜度很大，它接近土星時其距離也不可能小於5.7天文單位）。

離太陽約爲 2.5 天文單位處的小行星最多。

第一個小行星——穀神星（Ceres）——是 1801 年 1 月 1 日皮阿齊所發現的。到應用照相方法以後，小行星就大量地被發現了。在小行星發現過程中，克里米亞的西米茲天文台起了顯著的作用。到 1953 年 1 月 1 日爲止，已知的小行星有 1586 個。

有些小行星的軌道具有很大的偏心率（例如愛克勒斯的軌道偏心率是 0.83）和很大傾斜度（希達谷的軌道傾斜度是 43°）。絕大多數小行星的偏心率是很小的，也就是說它們的軌道都接近於圓形。小行星軌道半長軸的大小範圍是從 1.08（愛克勒斯）到 5.79（希達谷）天文單位。



圖 25．最大的小行星和月亮大小的比較

最大的小行星——穀神星——直徑爲 770 公里（質量約爲地球質量的 1/8000），智神星（Pallas）直徑爲 490 公里，灶神星（Vesta）爲 380 公里，婚神星（Juno）爲 190 公里；其他小行星就更小了。已知小行星中最小的直徑

* 這個小行星可接近太陽到 0.19 天文單位的距離，它的軌道偏心率爲 0.83，$a=1.08$，$i=23°$，而公轉週期爲 409 日（關於軌道根數請參閱 213 頁）。它於 1949 年被巴德（Baade）發現。

約爲 1 公里，它的大小接近於通古斯或亞利桑那類型的大隕石。用的望遠鏡愈大，發現小行星就愈多。可以設想小行星的總數約有 5 萬多，但全部小行星的總質量不會大於地球質量的 1/1000。

小行星都用寫在小圓圈或括號裏的數字和專有名字來表示。大多數小行星都取用神話中一些女神的名字。也有一些小行星以偉大人物和學者的名字來命名，譬如：852 號小行星爲紀念弗拉基米爾·伊里奇·列寧而叫做弗拉基列娜（Владилена），還有（1210）莫羅佐維婭（Морозовия），（786）布列基興娜（Бредихина）等*。

有一種非常有趣的小行星羣，它們圍繞太陽公轉的距離和木星圍繞太陽公轉的距離相等，同時它們對木星的距離和對太陽的距離也相等；現在已知有十五個這樣的小行星，它們被稱爲脫羅央羣**：它們在木星前後 60° 處運動着，也就是說脫羅央羣小行星、太陽、木星分別處在兩個等邊三角形的頂點。小行星對太陽和木星的這種分佈是天體力學三體問題中的一個特殊情形（參閱 212 頁），在這種情形下三體問題就可以完全解決，也就是說可以精確地算出小行星在太陽和木星作用下的運動。

很多小行星［譬如：愛神星（Eros），依麗斯（Iris），幼諾米婭（Eunomia），灶神星］的亮度有短週期的變化，這種情況證明了它們

---

* 爲紀念俄國學者而命名的小行星，譬如：（768）斯特魯維阿娜（Струвеана），（807）澤拉斯基婭（Цераския），（856）巴克龍達（Баклунда），（857）格拉捷那皮婭（Глазенапия），（995）什登堡吉婭（Штернбергия），（1004）別洛波耳斯基婭（Белопольския），（1007）巴夫洛維婭（Павловия），（1074）別略夫斯基婭（Белявския），（1118）岡斯基婭（Ганския），（1129）涅烏依米娜（Неуймина）等。

** 這裏面小行星的名字都取自荷馬（Homer）在“伊里亞特（Iliad）”中所記述的脫羅央戰爭中英雄的名字：（588）阿溪里斯（Achilles），（617）巴特羅克洛斯（Patroclus），（624）海克特（Hektor），（659）涅斯特（Nestor），（884）普里阿米斯（Priamus），（911）阿卡美姆儂（Agamemnon），（1143）奧迪斯謝斯（Odysseus），（1172）埃涅斯（Änees），（1173）安希塞斯（Anchises），（1208）特羅依露斯（Troilus），（1404）阿婭赫（Ajax），（1437）迪歐米底斯（Diomedes）和（1583）安迪洛赫（Антилох）。其他脫羅央羣中的小行星還沒有專名。

是表面反光能力不同並且在自轉着的，或是形狀不規則的小行星。已知的亮度變化最短週期［小行星列契齊婭（Laetitia）］是2時12分。

圖 26．幾個特殊小行星的軌道

從小行星顏色的研究可知，很多小行星是由類似地殼層的灰色石塊組成的*。

有些小行星和地球接近到除月亮外比任何其他天體都近的程度。例如：愛神星在幾十年中就有一次接近地球到2300萬公里**，

---

* 直徑已精確測定的四個小行星具有絕爲不同的反射能力［即反照率（參閱29頁）］。
** 下次這樣的接近將在1975年。

阿姆爾（Amor）(1500 萬公里)，阿波羅（Apollo）(500 萬公里)，赫米斯(60 萬公里)。假如赫米斯的軌道不因大行星的吸引而起重大

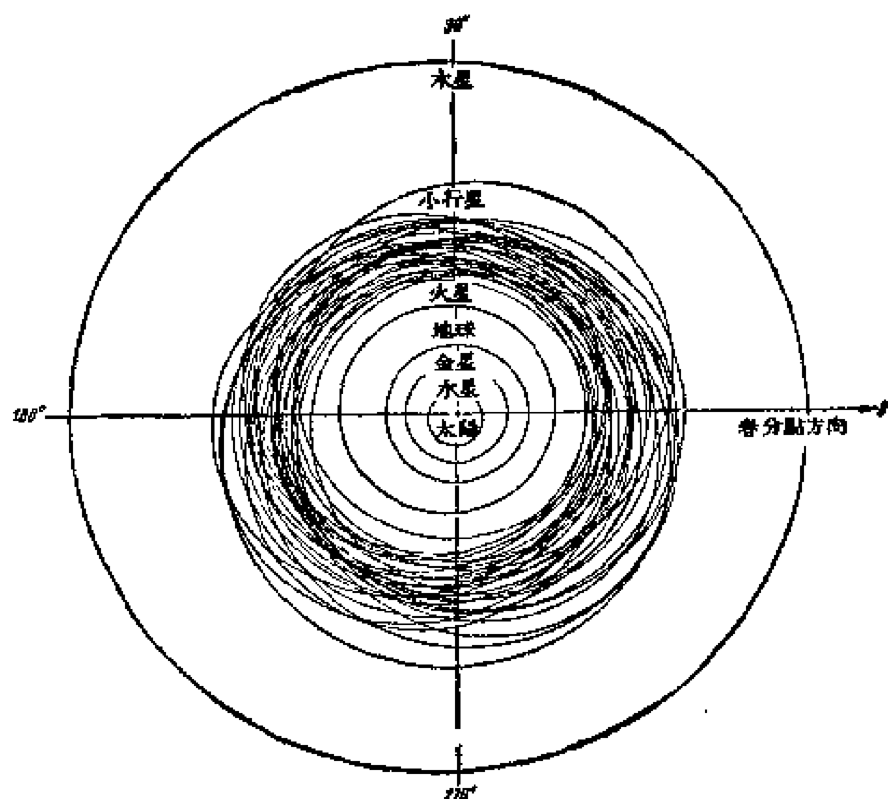


圖 27. 火星與木星軌道間的小行星軌道帶

的變化，那麽它將要走近到離地球只有 50 萬公里，也就是說，約爲月地距離的 $1^{1}/_{2}$ 倍。這個小行星的直徑約爲 1 公里；它上面的重力比地球上要小 10,000 倍。表 XVII 中列有一些明亮小行星的數據，這些小行星都是天文愛好者所能觀測到的。

木星 隨着木星和地球距離的改變，木星的角直徑在 32″ 到 52″ 之間變化着。在小望遠鏡中用 50 倍的放大倍率看來，木星的樣子就像肉眼看到的月亮一樣。

木星是太陽系中最大的行星。它的視圓面的扁率爲 $^{1}/_{16}$，這是一望面知的（圖 28）。這個情况是木星快速繞軸自轉的結果。和太陽相似，木星的不同區域用不同的周期自轉：寬 15,000—25,000 公里的赤道帶自轉週期爲 9 時 50 分，高緯帶爲 9 時 56 分。木星的視表面

有很多平行於赤道的帶狀物。這些帶狀物都有頗爲固定的界限並各有不同的自轉速　，有時鄰近兩條帶的相對速度可達到 300 公里/小時。外面可見的木星雲層表面的溫度是 $-140°C$；在這樣的低溫

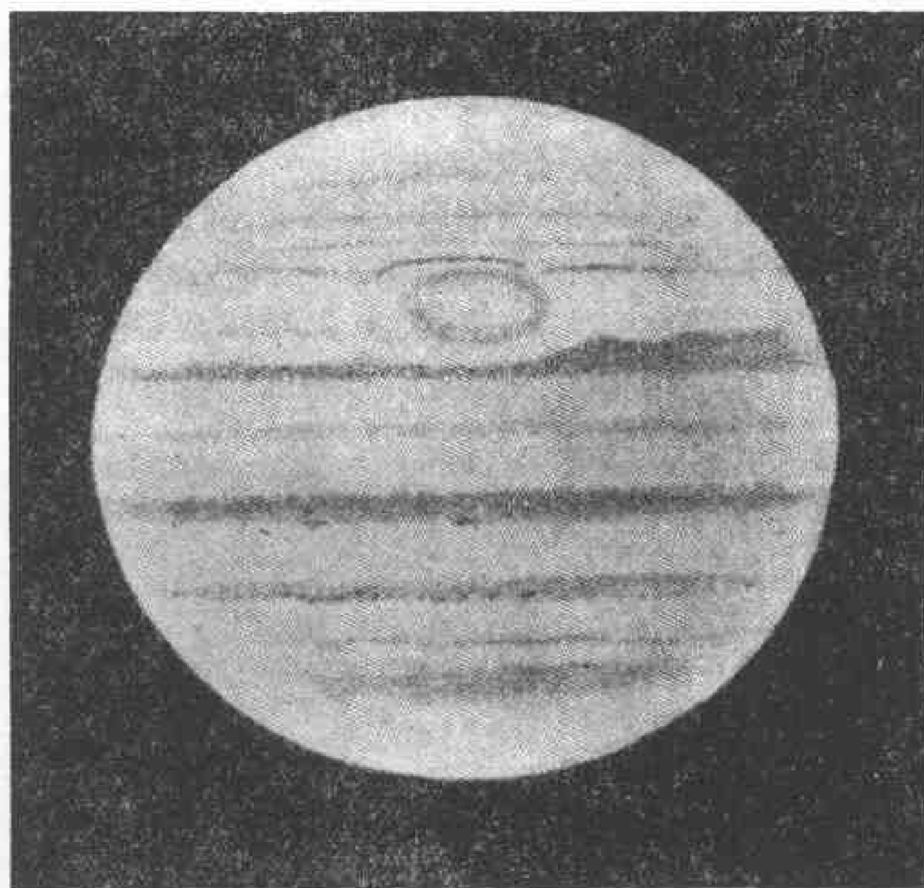


圖 28. 木　星

下，木星大氣中除去氣體狀態的氫 (H_2) 以外只有有毒的沼氣——甲烷 (CH_4) 和氨 (NH_3) 了。木星的平均密度很小(爲地球密度的 0.25 倍)，這是因爲我們把木星的質量(爲地球質量的 318 倍)除以在遼闊的不透明大氣的情況下所測定的木星視體積(相當於地球體積的 1300 倍) 的緣故。

根據 В. Г. 費森科夫院士和 А. Г. 瑪塞微琪 (Масевич) 的最近數據，木星 (和土星一樣) 質量的 80% 都是氫，所有其他元素的總含量不超過 20%。厚爲 11,000 公里 (0.15 倍木星半徑) 的外層由通常

的分子氫組成，在這個"氫洋"的底面，壓力達 700,000 大氣壓力。從理論計算可知：在這樣巨大的壓力作用下，氫就要轉變爲"金屬"狀態，其密度急劇增加(到 0.8 克/厘米^3)。"金屬"態氫層的厚度約爲 4 萬公里 (0.55 木星半徑)，質量是木星總質量的 65%。木星的核心主要由氫和較重的元素組成，中心的密度爲 11 克/厘米^3，壓力等於 8500 萬大氣壓力，核的半徑爲 0.30 木星半徑，質量是木星總質量的 28%。

已知木星有十二個衛星，其中只有四個最亮的可從小望遠鏡中觀測到 (視星等 5 至 6^m)。第八個衛星——發現於 1908 年——由於它很暗以及對它的複雜運動研究得不够，在 1923 年竟至"不見"了，直到 1930 年經過列寧格勒天文研究所 (現在爲"蘇聯科學院理論天

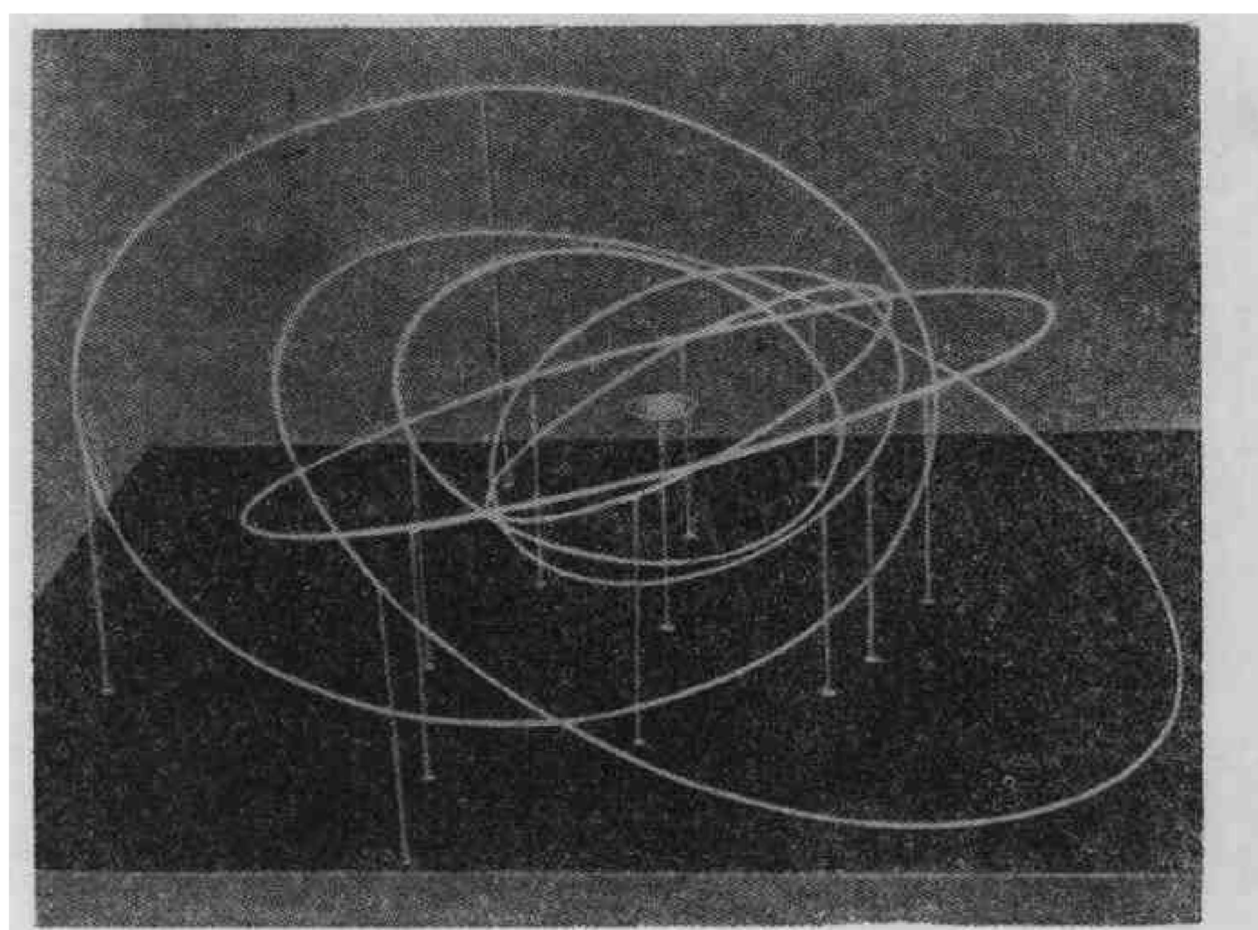


圖 29. 木星衛星的軌道分佈模型。顯然可見其中分爲兩羣：五個近衛星和七個遠衛星。

文研究所")的詳細計算才重新找到。

木星最遠的三個衛星是逆行的。木星有兩個衛星(木衛三和木衛四)比水星還大。現在已經確定:木星的四個主要衛星的自轉週期和公轉週期相同,卽它們總以同一面朝向木星。

有關木衛的數據都列在表 XVI 中。可以說,整個木星系和太陽系是微妙微肖的。我們還應記住 1675 年羅邁爾由觀測木星的衛星

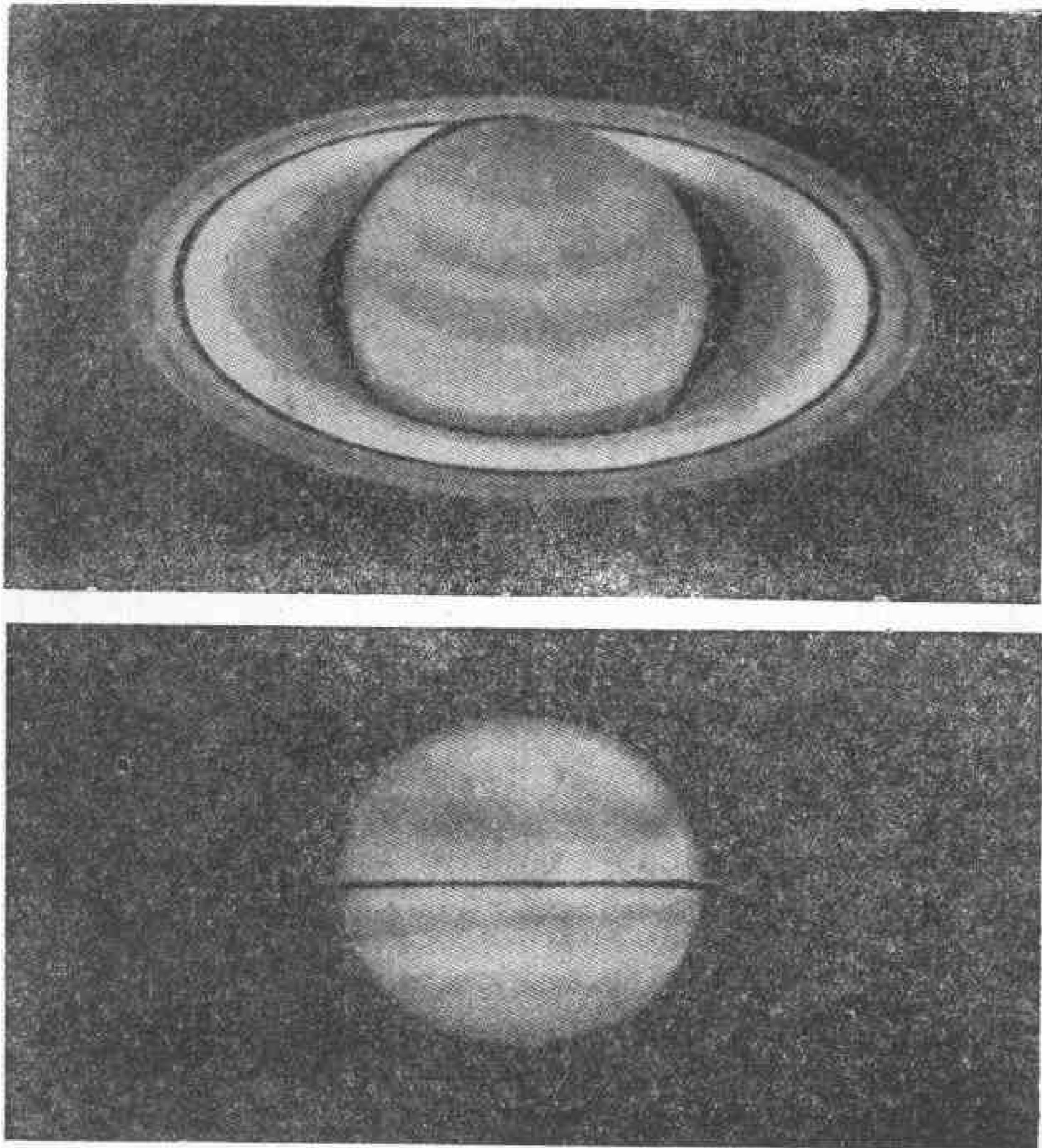


圖 30. 上圖爲土星環張開最大的時期;下圖爲看不見環的時期

食(即衞星有週期地掩沒在木星的影子中)而測定了光的傳播速度。

土星 土星圓面的扁率等於 $^1/_{11}$。土星表面和木星上一樣，覆蓋着一些平行於赤道的帶狀物，但這些帶狀物的輪廓不明顯，並且上面很少有斑點或其他形象。土星的帶狀物比木星的更規則；有時它上面也出現一些頗爲穩定的白點。土星的自轉週期（10 時 14 分）接近於木星的自轉週期；同時，和木星一樣，緯度愈高的區域自轉愈慢。土星的特徵就是在它的赤道平面上有光環，光環的外形隨時變化(圖31)，這是因爲環的平面對黃道面有 28° 的傾斜，當觀測者恰好處在環的平面上或是這個平面正通過太陽的時候，土星環就看不到了。環的厚度只有 15 公里左右。

表 4 土星環的結構

環	環直徑與赤道直徑的比	直徑	
		在平均衝日時的視弧秒	公里
環 A 外圈	2.25	43″.96	275,000
環 A 內圈	1.98	38.69	240,000
卡西尼 (Cassini) 環縫(寬 5000 公里)			
環 B 外圈	1.95	37.80	233,000
環 B 內圈	1.50	29.24	181,000
環 B 與環 C 之間的隙縫(寬 1600 公里)			
環 C 內圈	1.24	24.12	149,400
土星 (赤道直徑)	1.00	19.52	120,800
土星 (極直徑)	0.89	17.46	108,000

土星環由無數的微小衞星組成，這每一個微小衞星都依照克普勒定律圍繞土星公轉。根據 M. C. 巴勃羅夫(Бобров)的研究結果，土星環微小質點的平均直徑約爲 1 公尺，而總質量等於 10^{-7} 土星本身質量。

環分爲三部分及其間有縫的組織，這和土星衞星對組成環的質點的攝動作用有關。環縫所在地有這樣的特點：質量最大的衞星和該處質點的公轉週期成簡單整數比。

土星內部的構造和木星相似，土星的平均密度比木星小(0.72克/厘米³，或是地球密度的0.13倍)，這是因爲土星的質量較小，它的內部壓力不能達到像木星那樣高；土星的氫含量比木星少些。

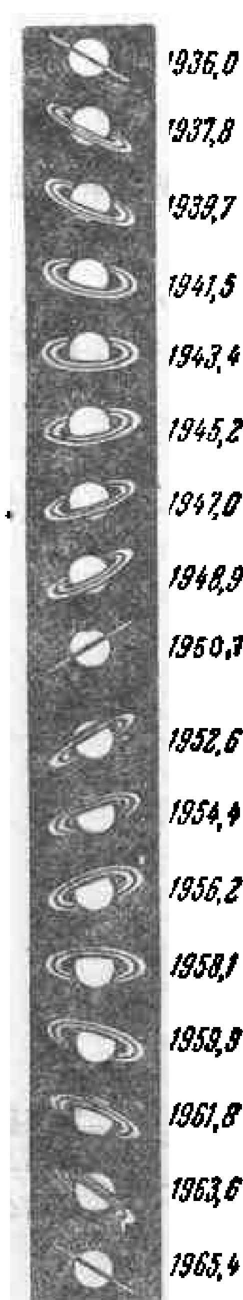


圖 31. 從 1936 年到 1965 年土星環的位置

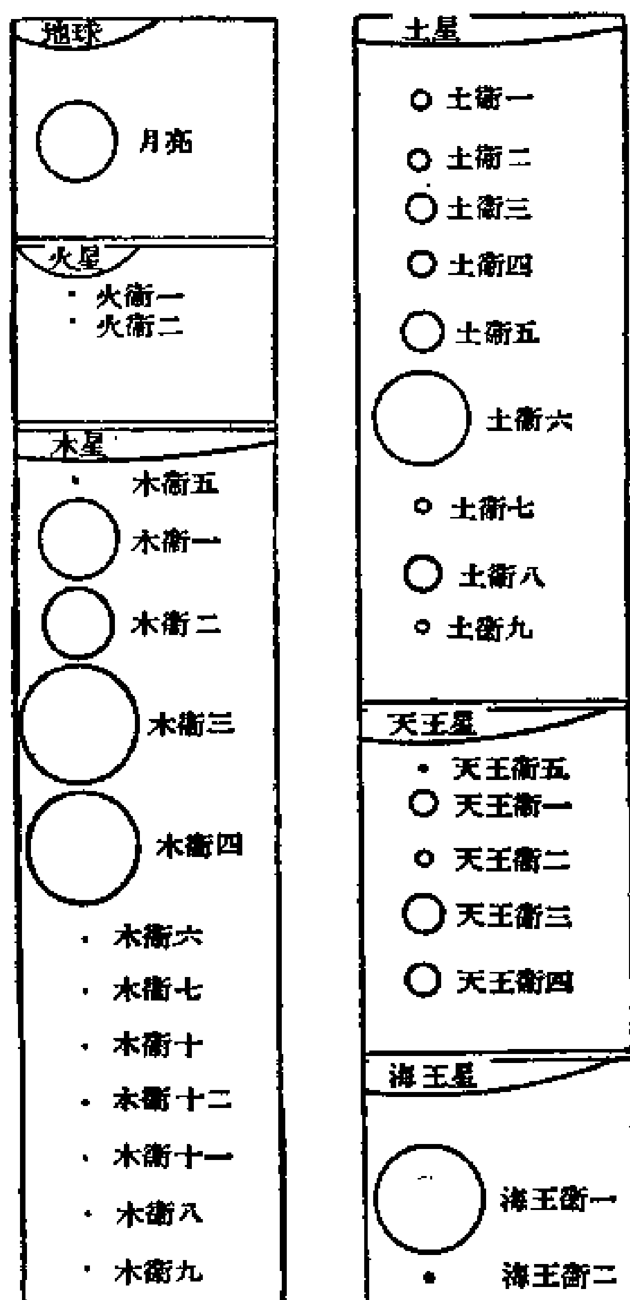


圖 32. 衛星和行星的大小比較圖

每個圖的上方畫出行星面的一小段圓弧。尺度是每厘米表示 5000 公里。

土星大氣中也有甲烷和氨，這些氣體在土星表面溫度爲 −150° 的情況下不至於凍結。

已發現土星有九個衛星。其中最大最亮的是土衛六(8.3 等)，它的大小和質量都大於月亮但比水星小些。土衛六也有大氣，和土星大氣一樣也含有甲烷。

最遠的衛星——土衛九——是逆行的。土星衛星食是頗爲稀有的現象，只有在土星環平面（也就是土星赤道面和衛星軌道面）通過觀測者的時候才能觀測到。

天王星 看起來像是亮度爲 6 等的恆星，只有在放大倍率大於 100 倍的望遠鏡中才能看出它的圓面。有些觀測者曾在天王星上看到過帶狀物(和土星上的帶狀物相似，也平行於赤道)。

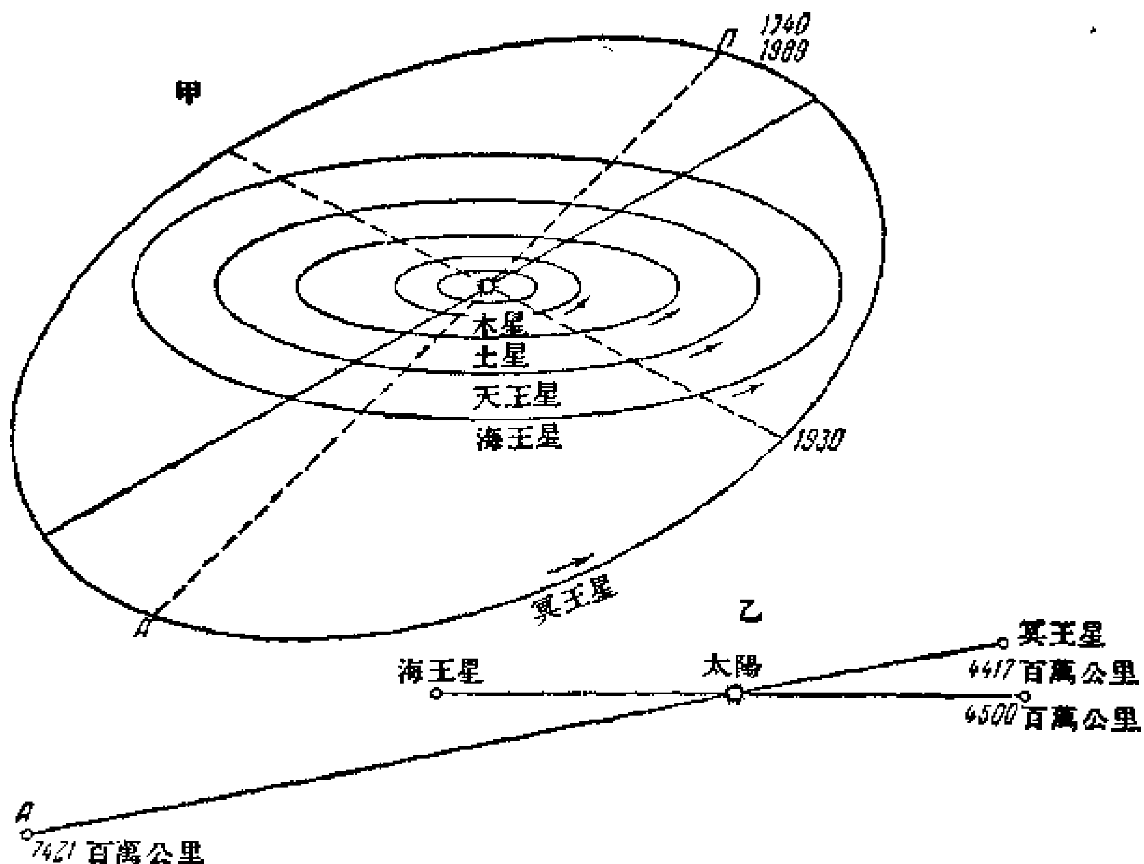


圖 33. 冥王星軌道與大行星軌道的相對位置

甲）軌道分佈總圖；乙）冥王星軌道對海王星軌道的傾斜度。

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

從 3 年到 76 年的彗星，它們不止一次地接近太陽而被觀測到（參閱表 XVIII 甲）。此外約有 40 個僅被觀測過一次的彗星（當接近太陽時），這些彗星以 200 年以下的週期沿橢圓軌道運動（參閱表 XVIII 乙）。彗星軌道一般都有很大的偏心率和各種各樣的（其中也有很大的）對黃道面的傾斜度。而例外地，也有行星軌道式的彗星，即它們的軌道接近於圓形，且和黃道面的傾斜度很小［什瓦施曼-華赫曼（Schwassmann-Wachmann）I 彗星；奥特瑪（Oterma）III 彗星等］。彗星有按順行方向（即和一般的行星運動方向相同）運動的，也有按逆行方向運動的。有很多短週期彗星和木星有一定的關係（"木星族"），這個關係表現在所有這族彗星的遠日點都靠近木星軌道。也有類似的"土星族"。

有些明亮彗星曾經有非常大的體積：譬如，1811 I 彗星的頭部比太陽還大，而 1882 II 彗星的尾長達 9 億公里。然而不管怎麼巨大，其質量都極微小："質量最大"的也不超過地球質量的 10^{-10}，而質量的絕大部分又都集中在直徑為幾十公里的微小的核中*。彗星在週期地回向太陽時尾部一次又一次地形成，而使得彗星本身漸漸消耗，有很多彗星的亮度已在逐漸減弱（恩克彗星和哈雷彗星等）。荷姆斯（Holmes）彗星和什瓦施曼-華赫曼 I 彗星的軌道是圓的，它們曾有過劇烈而顯著的爆發——暫時的亮度增加。

彗星形狀的理論主要是由俄國學者 Ф.A. 布烈基興（1831—1904）和 C. B. 奥爾洛夫創立的，後者在 1943 年曾因在彗星方面的研究而獲得斯大林獎金。

下面是已出現過的幾個最有名的彗星：

1．1811 I 彗星是所有已知彗星中最大的：它的直徑大過太陽直徑。

2．1882 II 彗星的尾部長度至少有 9 億公里，即 6 個天文單位；

* 假如我們把一顆小麥種子的百萬分之一的質量研成粉末後把它揚散在莫斯科大戲院劇場那麼大的容積裏面，這樣就可以得出這種彗星物質的平均密度的概念。

此外它曾通過離太陽表面只有 45 萬公里處，即它已穿過（速度爲 480 公里/秒）了日冕的外部。這個彗星同時也是最明亮的；曾經可以在白天和太陽同時見到。最亮時其星等爲 −16.9 等，我們知道滿月時月亮也只有 −12.6 等。

3. 恩克彗星是週期彗星，它圍繞太陽公轉的週期不斷在減小。這種減小可能是由於某種有阻力的介質（譬如黄道光的物質）引起的。

4. 比拉（Biela）彗星（1846 II）也是週期彗星，1845 年觀測者曾親眼看着它分裂爲兩部分，從而產生了一羣流星羣。

5. 荷姆斯彗星(1892 III）曾驚人地突然變亮。

6. 哈雷彗星是週期彗星中最著名的，它的多次回轉向太陽的事實可從公元前 466 年以來很多民族的史書中查出［哈雷彗星是中國古代最早發現的，最早的記錄見春秋魯文公 14 年（公元前 611 年）——譯者］。最近的一次回歸是在 1910 年，下次將在 1986 年左右。

7. 1901 I 彗星——極亮的彗星，它有四條尾巴，羽扇似地展開着；它的核完全沒有雲霧的外殼。

此外，我們早已發現了某些流星羣和一些原來依同樣軌道運動的彗星是有關係的(參閱後面)。

7. 流星。黄道光

流星——地球大氣中的發光體，這是一些較小的物質質點(所謂**流星體**)，以每秒幾十公里（和地球相對速度從每秒 13 公里到 70 公里）的巨大速度飛進地球大氣中，和空氣摩擦生熱而發光。這些流星在沒有達到地面時大部分已在空氣中燒爲灰燼了。

流星的發光主要是發生在 130 公里到 50 公里的高處，而這種流星體的運動也同時使空氣電離和發光。整個發光現象僅歷時幾分之一秒到 3—4 秒。

從觀測資料中可以算出，這種使我們在黑夜用肉眼能看到的流星體，在全地球一晝夜中約有 7500 萬個；而流星總數，包括最暗弱的

在內，應該共有幾千萬萬個。穿入大氣層的流星物質的總質量，平均每晝夜爲五噸。

我們在地球表面的每一點，縱使觀測的是全部可見的半個天球，如圖 37 所表示的那樣，實際上觀測的範圍也只是地球大氣的極小一部分。一般在黎明前幾小時裏流星數目要比晚上和夜裏多些。

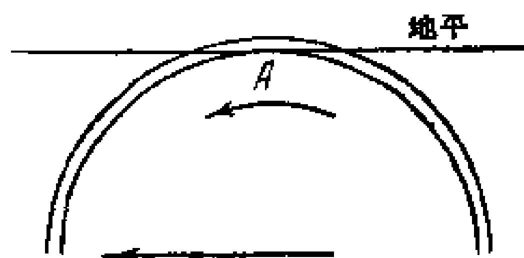


圖 37．大氣的可見部分。我們在 A 點雖能看到半個天球，但却只看到地球大氣極小的一部分，因此也只能看到落向地球的全部流星中的一小部分。

在極少的情況下，當流星質點相當大時它在大氣中就產生遠比流星驚人的現象——火流星。火流星是大而明亮的火球，它帶有長長的餘跡，這在白天是黑暗的，而在夜裏是明亮的（圖 38）。火流星出現時常帶有雷鳴海嘯之聲，這些聲音是在火球爆破爲微小的碎片（通常火流星現象也就以此告終）以後幾秒鐘才聽到。如果流星體的質量並沒有完全消失在空氣中*，就可能落到地球表面而成隕石。已知隕石中最大的（在非洲的果巴）重 60 噸；最小的（在西霍特·阿林所降落的隕星之一）只有 0.16 克**。

從隕石的化學分析及光譜分析中發現了流星體中幾乎有全部的已知化學元素。

按化學成分，隕石分爲鐵質的（6.5%）和石質的（93.5%）兩種：隕鐵（譬如在西霍特·阿林所降落的）中 90% 是鐵，7% 是鎳，3% 是鈷、硫、磷等。金和鉑是首先在西霍特·阿林所降落的隕石中找到的；石質的隕石由矽、鈣、鎂、硫、磷、鈉和一些其他元素組成。

隕石的降落在史前時期就發生了，這可由七個著名的礦物隕石證實。這其中之一已鑲進佧羅紀的美麗方塊大理石中被捷克斯洛伐克天文學會贈送給約·維·斯大林做爲慶賀他七十壽辰的禮物。

* 這是當流星體的質量足够大而和地球相遇的相對速度很小的時候。

** В. Г. 費森科夫院士曾這樣指出：西霍特·阿林的隕石在降落以前是一個不大的小行星，估計其質量約爲 1500 噸。

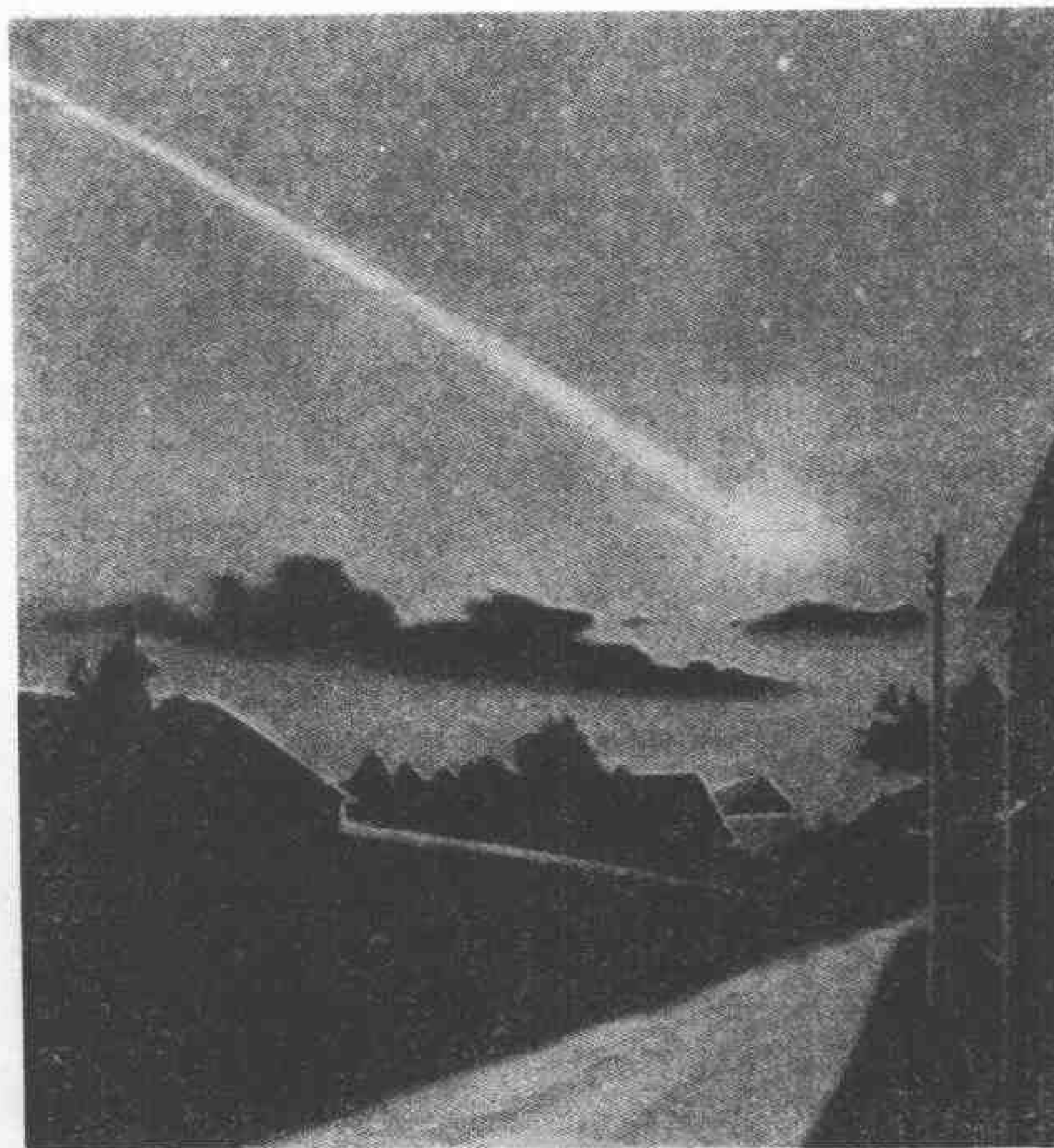


圖 38. 火流星

當地球的軌道和成羣的流星質點的軌道相交時，我們就能觀測到流星羣，組成流星羣的質點在空中依橢圓軌道圍繞太陽運動。所有被研究過的落向地球的隕石、火流星以及單獨的流星體的運動也都是沿橢圓軌道運動的(同時也是順行的)。近幾十年已確立了一些彗星和流星羣的關係，這些彗星分解、消散在空間中，從而產生了流

星羣。

若干流星羣（譬如，英仙座流星羣）幾十年來一直都能在每年的一定時間內觀測到（參閱表 XIX 甲）。

在流星羣活動時期，流星就好像由天空的一定區域即一定的星座（我們就用星座的名字來稱呼該流星羣）中出現。假使把這些流星

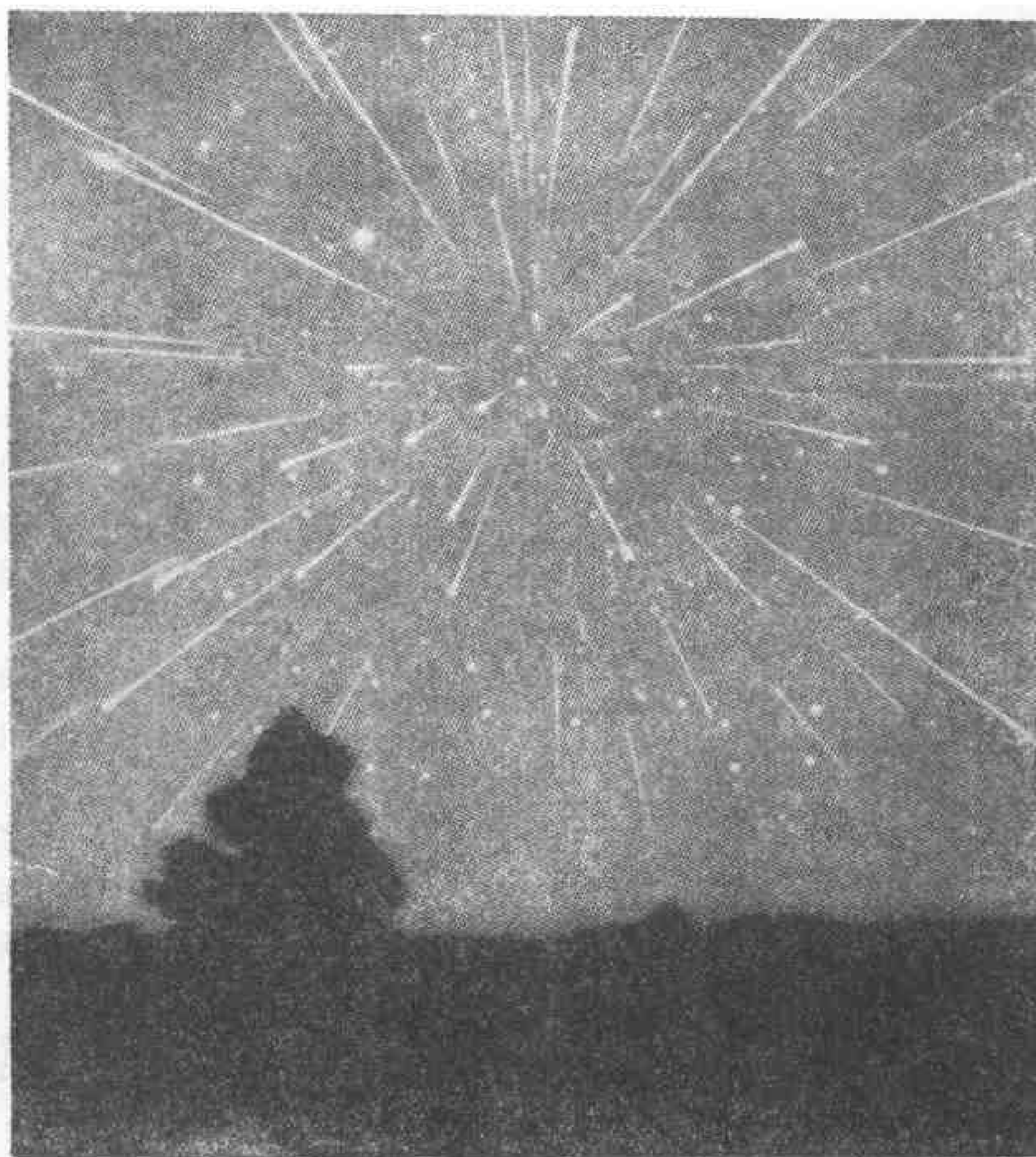


圖 30. 流星雨

的路徑畫在星圖上並反向延長，它們就全部交在一點*，這一點叫做輻射點（圖 39）。流星視路徑向四方散開，這是由於投影的關係。實際上流星質點在空間中是相互平行地運動的（圖 40）。假如流星質

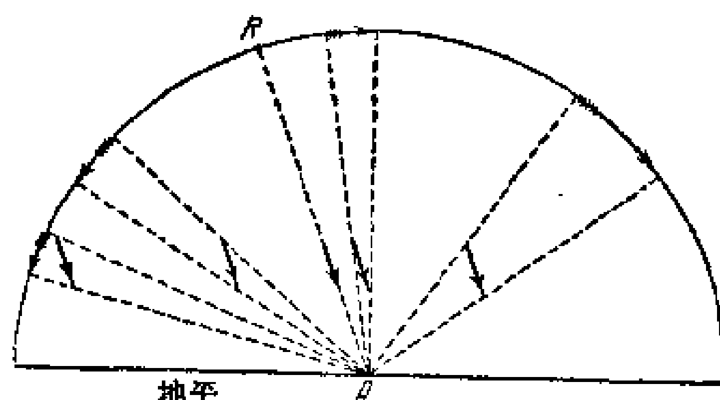


圖 40。沿平行方向飛進地球大氣的流星視路徑向四方散開的說明。R 爲輻射點。

點沿流星羣軌道相當均勻地分佈着，那麼流星羣的出現數目在每年都會差不多。但假如流星質點組成緊密的一羣，集聚在軌道的某個區域，那麼在有些年份中流星就出現得特別多而造成驚人的"流星雨"現象（譬如 1933 和 1946 年的天龍座"流星雨"）。在流星羣和地球同時走近它們軌道交點的時候就會產生這種現象。

大行星（首先是木星）對流星質點的攝動作用會改變它們的軌道。這樣的攝動作用會使得地球不再和原來已知的一個流星羣相遇，或相反地，會遇到原來沒有見過的流星羣。

近年來創立了觀測流星和流星羣的新的無線電探測方法（無線電回波的方法），這種觀測無論在任何天氣，無論在白天和黑夜都能進行。研究的結果發現了一些新的出現在白天的流星羣；其中有非常強的，輻射點在雙魚座的流星羣，它出現在五月的白天。

除去屬於某一個流星羣的流星以外，再就是一些單獨的，所謂零散流星了。

* 更準確地說是在天空一小塊面積的範圍裏。

黃道光　在南緯地帶和偶爾在中緯地帶（在二月至三月晚上太陽落下以後的西天和九月至十月黎明日出以前的東天）可以看到微弱發光的斜錐形，它的軸位於黃道上（圖41）。這個錐形伸延在離太

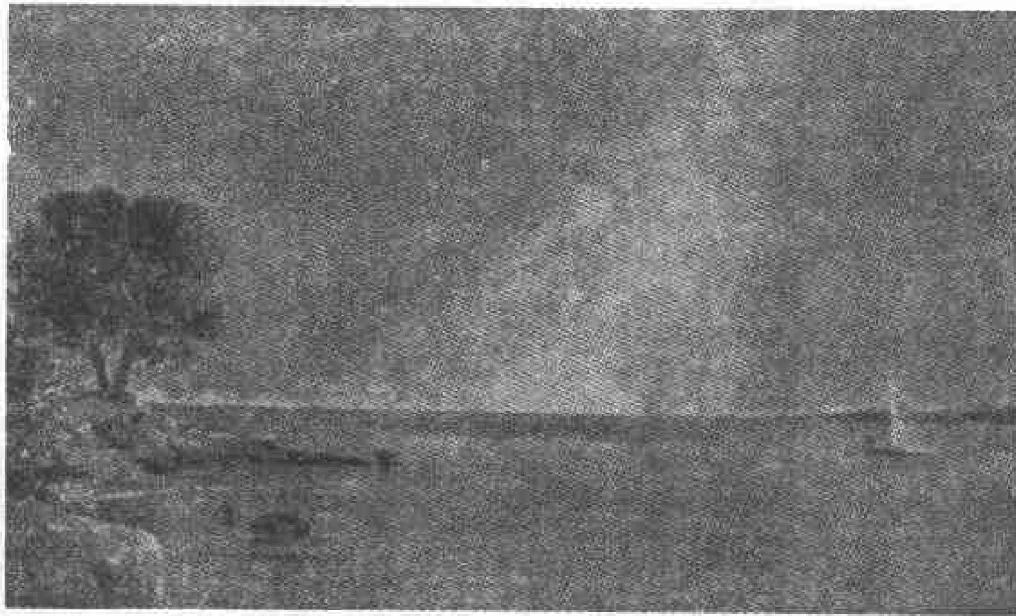


圖41. 黃 道 光

陽兩邊60—80°，而在地平線附近寬達20—30°。有時我們看東天和西天的黃道光好像是伸延得彼此連起來了，在天空正背太陽的一點形成一種橢圓形的長約10°的明亮斑點——所謂對日照。對日照也沿黃道略為伸延，在冬天半夜時對日照最高。

近年來已經證明［蘇聯И.С.阿斯塔波維契（Астапович）和В.Г.費森科夫院士的工作］：地球最高大氣層的氣體質點被太陽光壓力推向（像組成彗尾的質點一樣）背着太陽的一邊而形成"地球的氣體尾巴"。這個尾巴總是背向太陽而投影在夜天星空的背景上，成為對日照。

黃道光有時比銀河的恆星雲亮；黃道光沒有明顯的輪廓而漸漸地就和天空背景融成一片了。實際上黃道光擴張在全天穹上。在無月的晴夜裏，甚至在遠離黃道光錐形本身的區域，夜天背景總亮度的60%都是來自暗淡的黃道光的。

從光譜研究可知，黃道光的現象是由於很多流星塵埃質點散射太陽光的緣故，其中較小的質點比較接近太陽，而這些小質點的直徑大概不小於0.01毫米。

В. Г. 費森科夫院士研究了黃道光的理論，他認爲塵埃物質的質點不斷地落在太陽上，所以應該有外界的源泉來補充這些質點的消失。費森科夫認爲小行星就是這種流星物質的源泉，它們會相碰、破碎，而形成微小的碎片和塵埃。

可以設想，太陽和接近太陽的行星，包括地球甚至火星在內，都沉入這種塵埃雲霧之中。在無月的晴夜裏，當大氣足够透明時才可以觀測到黃道光和對日照。

8. 行星的起源

遠在人們能够用已得到的自然規律和觀測資料來着手進行天體演化問題的科學探討以前，地球和行星的起源問題就已引起人們的興趣了。十八和十九世紀提出的解釋行星起源的假說，大部分都帶有臆測的和機械的性質；其中沒有考慮到各種現象的物理意義。

天體演化理論（此處指行星的起源和演化理論——譯者）應該解釋下列的基本事實：1）行星運動面都接近黃道面和太陽赤道面；2)除去幾個大行星的外衛星，所有行星和衛星的運動方向都一致(順行)；3）行星都在同上的方向繞軸自轉；4）行星到太陽距離的規律性［十八世紀末提圖斯(Titius)和波德（Bode)得出了這個規律］；5）行星分爲兩類：類地行星和大行星；6）每類行星都各有其性質上的特點，而尤其重要的是截然不同的化學成分。除上列各點外，我們還可以補充一些不能用偶然原因來說明的其他事實。我們必須用關於整個行星系起源和演化的統一理論來說明所有的上列事實。

經典的天體演化假說認爲行星起源於收縮的並能分離出環的氣體星雲(拉普拉斯)或隕石的塵埃質點雲(康德)。這些具有發展觀念的假說雖然在當時也是進步的，但畢竟都不能成立。這種星雲物質凝結爲行星的過程在物理上是不可能的。此外，現在太陽和行星的

角動量* 分佈情況(太陽 3.4%,行星 96.6%)也不是這些假說所能解釋的。

後來的很多假說,包括著名的秦斯假說在內(他認爲太陽和某個恆星相遇,在太陽表面產生巨大的潮汐波,這個潮汐波隨着該恆星離開太陽,就分裂成個別的行星塊)都不能正確地說明太陽系內角動量的分佈情況和一些其他特點。蘇聯科學家的研究已完全揭穿了把行星系的形成認爲是宇宙間獨一無二現象的唯心主義的秦斯假說。在資產階級科學中有這樣一種想法,就是若不引用"神的意志"就不可能解釋行星的起源。

蘇聯很多的科學家都曾大力從事天體演化的探討和對資產階級學者們的唯心主義假說進行批判,例如:費森科夫院士,Н. Ф. 賴英(Рейн),Н. Н. 巴里斯基(Парийский)。近年來還有 О. Ю. 施密特院士,В. А. 克拉特(Крат),А. И. 列別金斯基(Лебединский),Л. Э. 古烈維契(Гуревич),А. Г. 馬塞微琪等。

О. Ю. 施密特院士從 1943 年就開始了新的天體演化假說的研究,根據他的假說,在曾包圍過太陽的氣體塵埃雲中由於質點碰撞的結果,質點漸次黏結成未來行星的核;同時運動能量的一部分則變爲熱能而散逸在空間中。隨着這種核的表面物質的聚集,這些核圍繞太陽的軌道就漸次由橢圓形變爲圓形,而核本身就都分佈在離太陽一定距離的地方。此外,這種原始塵埃雲物質的一部分落在太陽上,另一部分被太陽光壓力推開。

根據這種理論,地球和行星在剛形成時是寒冷的物體,並從來就沒有經歷過熾熱的液體狀態。以後由於地球內部放射性元素蛻變而放出熱量,就使地球內部漸漸變熱;而這樣一來,火山作用、大氣和水圈的形成等也都可以得到解釋。

1951 年 4 月蘇聯科學院召開了第一次天體演化問題討論會(參

* 角動量就是 $\mathfrak{M}RV$ 的乘積,其中 $\mathfrak{M}$ 爲行星質量,R 爲行星和太陽的距離,V 爲運動速度。

閱320頁圖書介紹），會議的決議指出："O. Ю. 施密特院士的理論說明了行星近於圓形的軌道、軌道面的一致性、行星的自轉、衞星的順行和逆行、兩類行星的劃分。同時也找出了解釋行星距離規律的途徑。" O.Ю. 施密特院士的理論不僅在天文學上，而且在地球的地質史及其目前狀態的研究上，都有着重大的意義。

關於圍繞太陽的氣體塵埃雲的起源問題在會上引起了熱烈的爭論，到現在也還沒有徹底解決。非常可能當太陽形成時這些雲是和太陽同時產生的。

會議擬定了一系列的問題，這些問題的進入研究對於說明有關太陽系的全部實際資料是必要的前提。會議一致確信：在黨和政府爲進步科學的勝利發展創造了一切先決條件的蘇聯，在天體演化學這門自然科學中最困難的問題必將獲得解決。

現在很多蘇聯科學家正勝利地進行着天體演化問題的研究，他們提出了解決問題的新途徑，例如把恆星周圍行星系的起源問題和恆星本身的起源及演化問題聯系起來研究。

9. 恆 星

恆星和太陽一樣是巨大熾熱的自身發光的氣體球。它們離我們非常遙遠，太陽系內的距離和恆星的距離比起來是微不足道的。光從太陽到我們這裏歷時8分鐘，到最遠的行星——冥王星——是5小時，而到最近的恆星要走4.2年。光一年所通過的路程稱爲一光年，常用之爲距離的單位，它等於9.5×10^{12}公里。

星座 爲了便於星空的辨認，古代天文學家就已把星空分成了許多特定的區域——星座，每一星座都可以藉它的一些亮星的特殊分佈來辨認。例如像人們從小就認識大熊星座的杓形標誌——七顆亮星形成杓子或帶柄鍋子的側面輪廓。但要注意，所有處在星座界限之內的星，包括肉眼看不見的，都屬於這個星座。古代天文學家所擬定的星座的奇異和蜿蜒的界限現在已被新的界限代替了，這新的星座界限全是和經緯線平行的，不過還大體保持着從前的輪廓。附

錄 2 圖中劃的就是星座的新界限，這些界限相當於 1875 年的坐標，由於歲差的關係，它們隨着歲月逐漸移動，不再吻合於原來天球經緯線的方向了。

星座的名稱取自古代的傳奇和神話，特別是希臘神話；南天的 48 個星座是 1600 年以後標誌出來的。現在整個天空分為 88 個星座。表 XXXIX 記載星座的拉丁文、俄文和中文名稱及其縮寫符號。

從十七世紀初開始用希臘字母標記各星座的恆星，字母的排列大體上按照恆星亮度減弱的次序。有些最亮的恆星仍保留着多半是阿拉伯人在十世紀到十二世紀給它們起的名子（表 XL）。暗弱的恆星以星表中的號數或以它們的坐標來表示*。利用本書附錄中的圖，任何人都可以熟悉星空和學習認星座以及個別恆星的位置。

這裏，我們不作星座的詳細敘述，也不談找星的方法，這可以在 В. П. 澤謝維契（Цесевич）教授的“天象觀測指南”（“Что и как наблюдать на небе”）一書中查得（國立技術理論出版社 1950 年版）。為了便於辨認星座間的位置，可以按照圖 42 把著名的大熊星座的亮星聯接起來以找出它周圍的星座。

А. А. 米哈依洛夫（Михайлов）編的“星圖”（“Звездный атлас”）（莫斯科天文愛好者協會出版，1920 年版）共有四張，上載有從北極到南緯 40° 全部 5 1/2 等以上的恆星。他還編了一種載有 7 1/2 等以上全部恆星的“北天星圖”（“Атлас северного звёздного неба”）（1920 年）。這兩種都是非常有用的認星用的星圖。1952 年國立技術理論出版社出版的 А. А. 米哈依洛夫的“星圖”是用雙筒望遠鏡和天文望遠鏡進行觀測所必備的星圖，這星圖共有 20 大張，包括有全天的 8.25 等以上的恆星。這星圖還備有附錄，其中有變星、雙星、星團和 9 等以上的星雲的豐富資料。

---

* 最常用恆星符號之一是“波恩巡天星表”（用 BD 表示，1855 曆元）中恆星的號數，例如：BD+4°4048。這是表示從 +4°0′ 到 +5°0′ 區域裏的第 4048 號星。

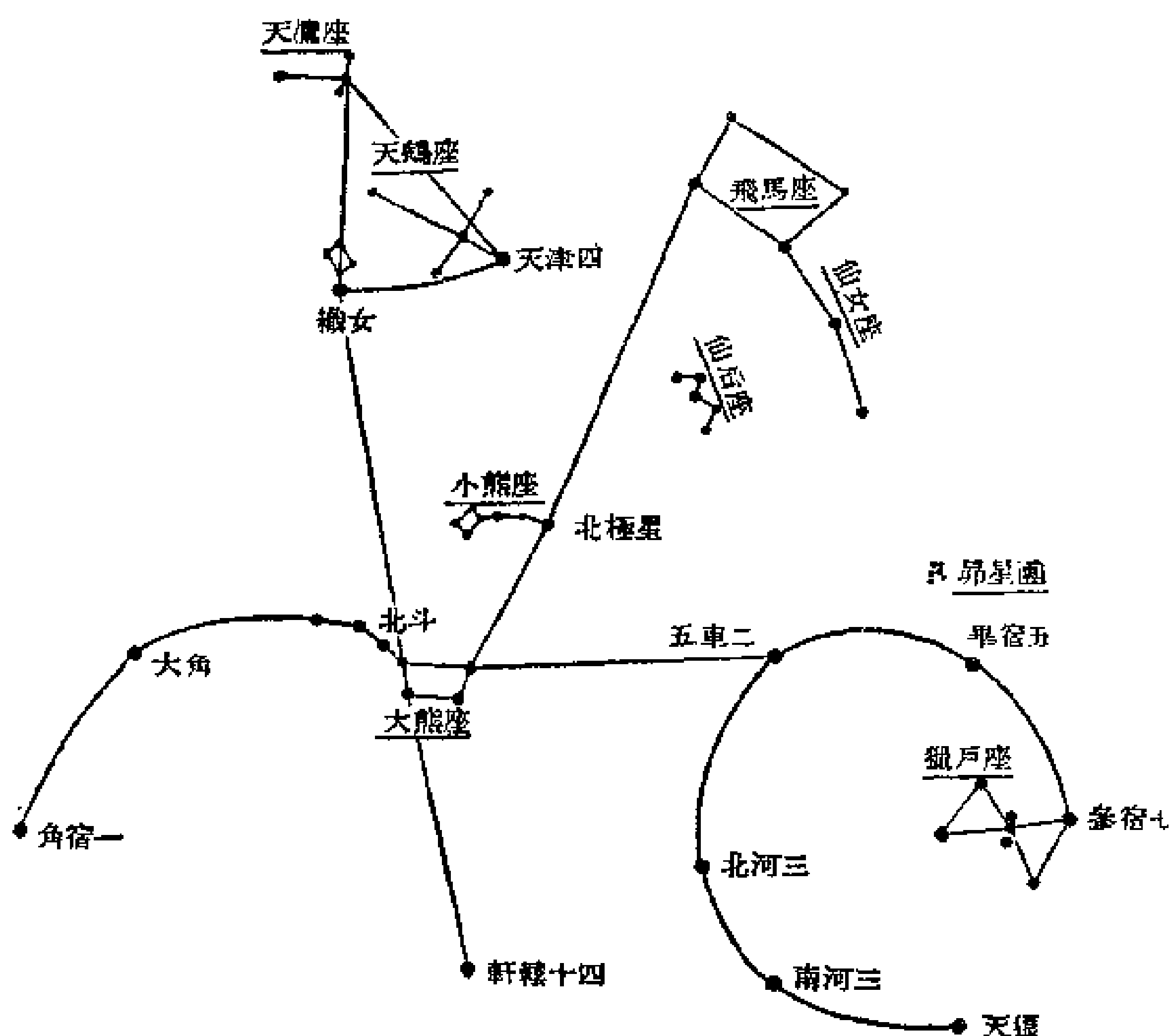


圖 42. 以大熊座爲中心的北天主要星座位置圖

天文學家們擁有大量的星圖，上載有很暗的恆星。通常星圖都附有星表，星表上列有圖上全部恆星的精確坐標和亮度，有時還載有關於恆星的其他資料。

恆星的亮度 恆星的視亮度彼此不同。視亮度用視星等 m 來表示。古時候已把所有在沒有月光的晴夜肉眼可以看見的恆星分成六等，最亮的恆星列爲一等星，最暗的列爲六等星*。恆星的等級——

* 嚴格說來，比四等星暗的恆星，肉眼只能在斜視時看見，因爲在正視時星像投影在人眼網膜中央部分，而網膜中央部分的靈敏度是不及網膜其他部分的。

"星等"——每小一等，就表示亮度增強到原來的 $2^1/_2$ 倍。在1850年按照波格遜(Pogson)的建議，規定了星等差爲5的兩顆星的亮度之比正好等於100；這樣，當二恆星星等差爲1時，它們的亮度比值的對數等於0.4，而比值本身等於2.512。星等標度的範圍也擴大了，它包括了只能在望遠鏡中看見的六等以下的暗星，也包括了比一等星還亮的天體(例如：天狼星的視星等爲-1.6等，金星最亮時爲-4.4等，滿月時的月亮爲-12.6等，太陽爲-26.8等)。兩顆星的亮度I_1及I_2與它們的星等m_1及m_2間的關係由下式表示：

$$\frac{I_1}{I_2}=2.512^{(m_2-m_1)}, \tag{1}$$

或(取對數)

$$\log\frac{I_1}{I_2}=0.4\,(m_2-m_1). \tag{2}$$

在十九世紀後半世紀所採用的星等標準是把小熊座α星規定爲2.15等。現在我們以天極附近許多恆星的精密測定星等作爲國際星等尺度的標準。這些恆星稱爲北極星序(NPS)(見表XLII)，它們的星等數值可以作爲極精確的測光標準。

恆星的亮度可以用幾種不同的方法來計量：目視法，即用肉眼估

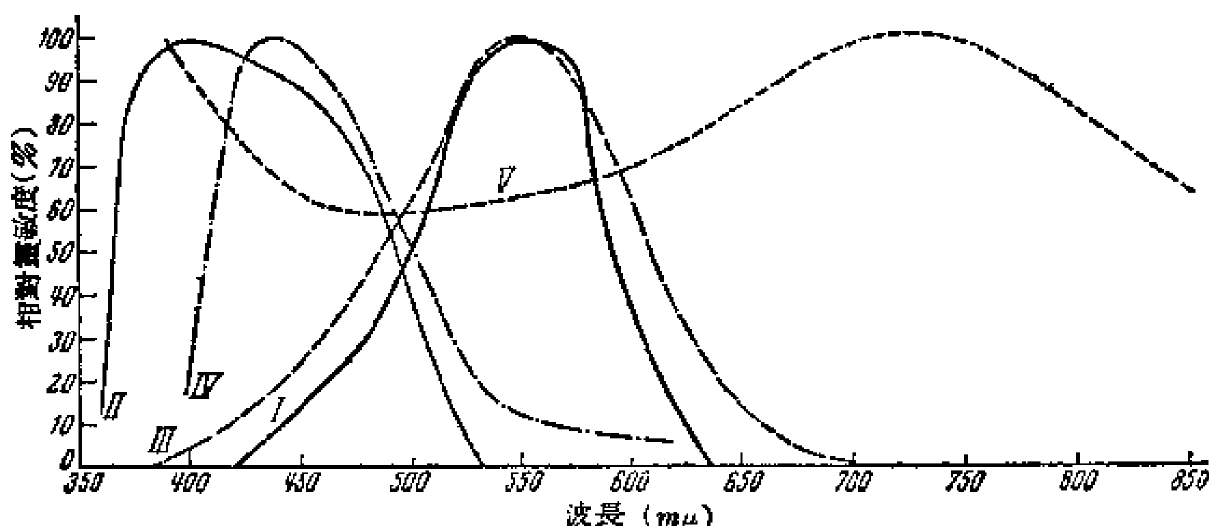


圖 43. 各種輻射感受器的光譜靈敏度曲線

計；攝影法（比較不同亮度的恆星在底片上所成的像）；光電法，即用"光電光度計"來測量（所用的原理是：從光電池發出的光電流和照上去的光強度精確地成正比）等。但這些輻射感受器對不同顏色光線的感應是不同的。這種對不同色光的不同感受能力，可用光譜靈敏度曲線來表示。圖 43 就表示這種曲線的情況：（I）肉眼，（II）普通（標準的）照片，（III）"仿視底片"（人工製造的和肉眼靈敏度相接近的底片），（IV）鉀光電池和（V）表面結構複雜的銫光電池。

表 5　到某一定星等爲止的恆星總數

m (星等)	星數 N (以目視星等*計)	星數 N (以攝影星等計)
1.0	13	—
2.0	40	—
3.0	100	—
4.0	500	400
5.0	1,600	1,200
6.0	4,800	2,900
7.0	15,000	8,300
8.0	42,000	23,000
9.0	125,000	62,000
10.0	350,000	170,000
11.0	900,000	420,000
12.0	2,300,000	1,100,000
13.0	5,700,000	2,700,000
14.0	14,000,000	6,500,000
15.0	32,000,000	15,000,000
16.0	71,000,000	33,000,000
17.0	150,000,000	70,000,000
18.0	300,000,000	140,000,000
19.0	550,000,000	280,000,000
20.0	1,100,000,000	500,000,000
21.0	2,000,000,000	900,000,000

* 從 5 等星開始按仿視星等計。

從圖 43 可知肉眼最敏感處在波長 550 毫微米 ($m\mu$) 的地方，照片最敏感處在 410 $m\mu$，鉀光電管在 440 $m\mu$，銫光電管在 730 $m\mu$。這就說明了星等有目視星等、仿視星等、攝影星等及其他各種星等的緣故。

能吸收全部外來輻射的儀器稱爲輻射計，用它可以測得輻射星等。

最後我們還要提到一種星等，就是如果計入望遠鏡各光學部分對各波長光的吸收影響及地球大氣中吸光的影響，對輻射星等加以改正（稱爲熱星等的改正），就得到熱星等（見 113 頁）。熱星等在現代天文學上有很重大的意義。

用最大的望遠鏡持續很多小時露光才能拍到的最暗弱星是21—22 等星*。可是在我們的恆星系裏還有不知多少億顆用今天的望遠鏡還不能觀測到的恆星。全天最亮的 20 顆恆星見表 14 (100 頁)。

恆星的數目隨視星等的數值變大而增加。表 5 中列出比某一定視星等 m 要亮的恆星總數。

表 6 顯示各種不同星等的恆星按照對銀河中央線——銀道（參

表 6　每平方度恆星的平均數

m（攝影星等）	整個天空	銀道附近	銀極附近	銀聚度
$5^m.0$	0.025	0.045	0.013	3.4
7.0	0.20	0.36	0.10	3.5
9.0	1.5	2.8	0.72	3.9
11.0	11	21	4.3	4.8
13.0	66	150	21	6.8
15.0	360	910	87	10
17.0	1,700	4,800	290	17
19.0	6,700	21,000	770	27
21.0	22,000	74,000	1,700	44

* 用世界上最大的反射望遠鏡可以看到 $17^m.5$ 的星，而用能錄個別光子的光度計裝在 5 公尺反射望遠鏡上，已發現了 23 等的暗弱恆星。

閱181頁)——的不同位置的分佈情況。這是一個重要的恆星分佈特徵。銀道附近星數和銀極附近星數的比值稱爲銀聚度。從表6可看出星愈暗弱,銀聚度也愈大,這是和恆星的空間分佈以及我們銀河系(參閱121頁)的形狀有關的。

恆星的顏色和溫度 甚至用肉眼都可以看出亮星的顏色不同:紅色的心宿二、大角星、畢宿五顯然不同於青色的織女星、參宿七、天津四。仙王座 μ 星由於它強烈的紅色而得名"石榴星"。

表7 恆星顏色的標度

顏色	標數	顏色	標數
藍白(介於白色和青色之間)	−2	深黃	5
青白(白色居強)	−1	紅黃(黃色居强)	6
白	0	橙黃(介於紅與黃之間)	7
白中帶黃(白色居强)	1	淡紅(紅色居强)	8
黃白(介於白色和黃色之間)	2	紅	9
淡黃	3	深紅	10
純黃	4		

恆星顏色的不同正像燒熱到各種程度的固體顏色的不同——從"紅熱"的深紅色到"白熱"的白色甚至青白色。

恆星的顏色通常以表7中的標數來估計。

有些明亮的密近雙星的顏色對比是非常突出的,如像天鵝座 β (其中一顆是黃色,另一顆是蔚藍色)、仙女座 γ (橙黃色和藍色)等等。雙星成員星的這種顏色差別往往是某一種光學上的錯覺:眼睛的感應層(網膜)因受到雙星主星(例如爲紅色星)太強光線的照耀,會把較暗的副星看成一種所謂的"互補色"(在這例子中是藍綠色)。這種互補色例如:黃色和藍色,橙黃色和青色,紅色和藍綠色等等。

下面是若干亮星的顏色表，它們的顏色是按照表7的標數估計的。

表8 若干亮星的顏色

恆星		m	顏色	恆星		m	顏色
大犬座	α	−1.6	0.7	牧夫座	α	0.2	4.7
獵戶座	β	0.3	1.2	大熊座	α	2.0	5.0
天琴座	α	0.1	1.3	大熊座	ψ	3.2	5.1
獅子座	α	1.3	1.5	白羊座	α	2.2	5.4
大熊座	ε	1.7	1.9	仙王座	γ	3.4	5.4
天鵝座	α	1.3	2.1	雙子座	ε	3.2	5.9
天鷹座	α	0.9	2.4	金牛座	α	1.1	6.3
小犬座	α	0.5	2.7	獵戶座	α	0.9	6.5
御夫座	α	0.2	3.3	天蝎座	α	1.2	7.2
天鵝座	γ	2.3	4.5	仙王座	μ	3.9	7.9

恆星顏色的精確估計和所謂色指數(c)的測定有關，色指數是恆星的攝影星等與目視星等之差，即

$$c = m_{攝影} - m_{目視}. \tag{3}$$

色指數的標度是這樣選定的：對於一定種類的白色星（見下述），色指數等於零。紅色星的色指數是大的正數。不同的色指數相應於恆星的不同表面溫度。現在已研究過的恆星中，最冷的是天鵝座 χ 星，它的溫度約爲1600°。最熱的恆星——行星狀星雲的核——具有50,000—100,000°的溫度。它們的色指數爲$0^m.60$。

恆星的溫度 T 和色指數 c 之間的關係可用下式表示：

$$T = \frac{7200}{c + 0.64}. \tag{4}$$

包圍着恆星以及太陽外部的爲光球和大氣，大氣通常分成幾層：反變層、色球和大氣的最外層（太陽大氣的最外層爲日冕）。表面溫度的測定是很複雜的問題，因爲實際上根本沒有固定的一層可以算作是恆星的表面。我們常談到一個恆星的有效溫度 $T_{有效}$，

表 9 恆星顏色、色指數、溫度和光譜型的關係

顏色	色指數	溫度	光譜型			
藍	^{m} -0.50	21,500°	B0			
白	-0.36 -0.16 0.00	16,300 11,000 8,500	B6 A0 A5			
淡黃	+0.13 +0.25	7,500 6,500	F0 F5			
	矮星			巨星		
黃	^{m} +0.42 +0.64	6,000° 5,400	dG0 dG5	^{m} +0.57 +0.82	5,200° 4,600	gG0 gG5
橙黃	+0.90 +1.15	4,800 3,900	dK0 dK5	+1.06 +1.38	4,200 3,600	gK0 gK5
紅	+1.40 +1.80	3,600 3,000	dM0 dM5	+1.60 +2.20	3,400 2,800	gM0 gM5

這就是和這恆星體積及發射總能量都相等的絕對黑體* 所具有的溫度。

恆星光譜中能量的分佈是恆星溫度的一種標誌，利用光譜中的能量分佈可以測定恆星的溫度（參閱 223 頁）；這樣定出來的便是所謂的色溫度。溫度改變時，不但能量分佈改變，並且能量分佈曲線的極大值地位也隨着移動［維恩（Wien）位移定律］：

$$T=\frac{2897}{\lambda_{極大}}, \tag{5}$$

式中 $\lambda_{極大}$ 是用毫微米（$m\mu$）表示的能量極大處的波長，T 爲以一千度爲單位表示的絕對溫度。

恆星溫度更精確的測定有賴於恆星光譜更精細的研究。

* 絕對黑體是某種理想的物體，作爲輻射源來說，它的輻射是在它這個溫度下理論上的最大值；另一方面，作爲能量的吸收者來說，它具有把外來輻射全部吸收的本領。絕對黑體的輻射情況可以用斯特方-波茨曼定律來表示（參閱 224 頁）。

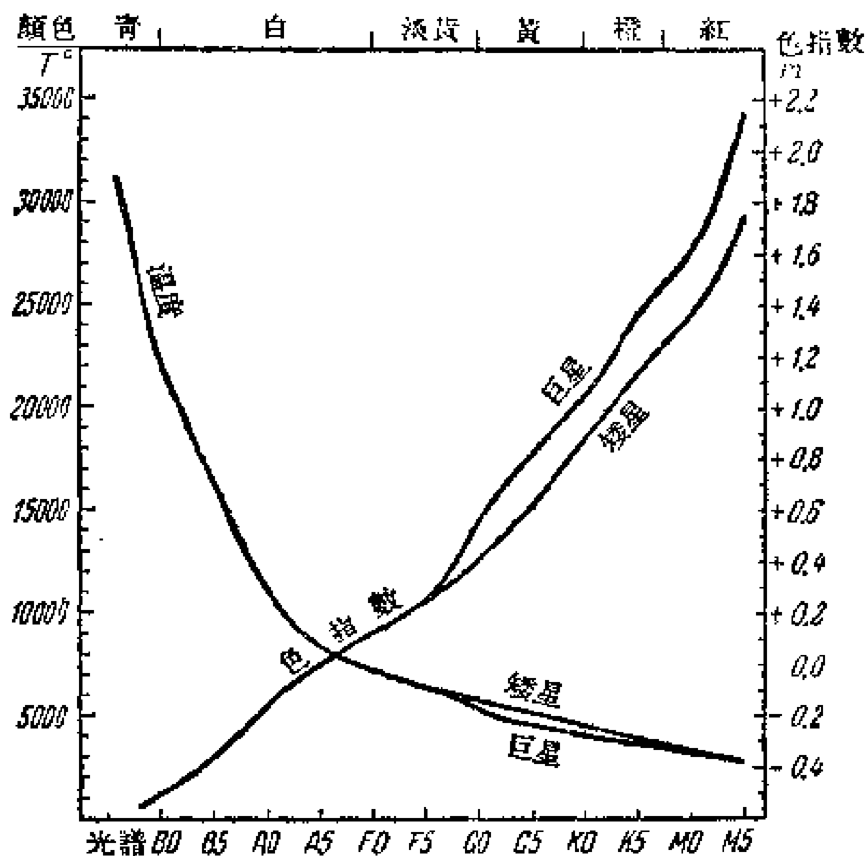
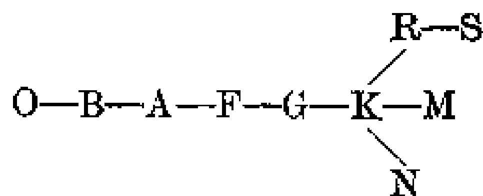


圖 44. 恆星顏色、色指數和溫度的關係

恆星光譜　大部分的恆星和太陽一樣具有吸收光譜，也就是帶有暗線的光譜。哈佛天文台把恆星光譜分成各種光譜類型，它們的主要特徵見表 10（並參閱圖 45）。

除了這些主要光譜類型之外，還有 N、R 和 S 型，它們是從主要光譜型的 K 型分出的類型：

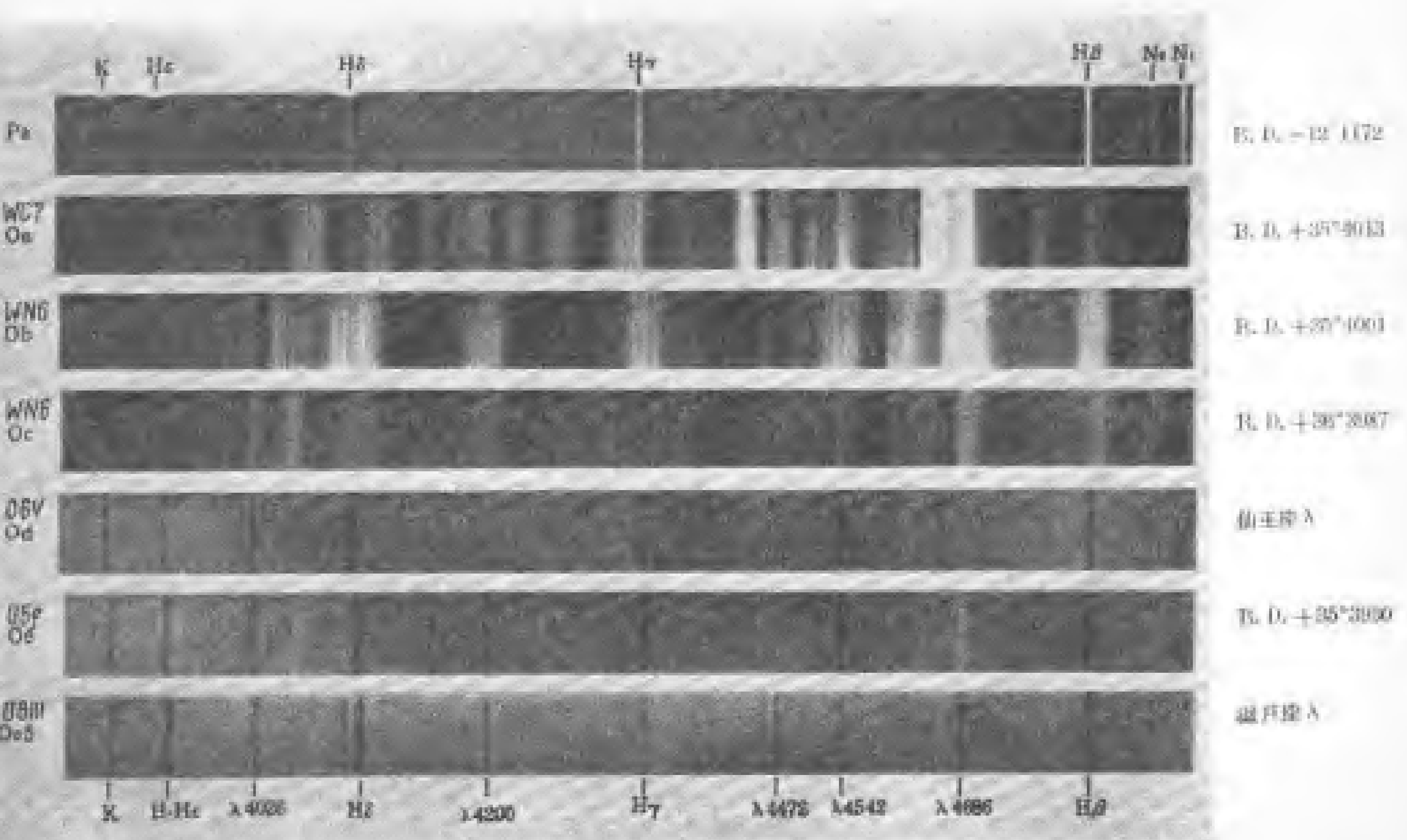


R、N、S 型的光譜只包括相當少數的溫度較低的紅星，R 和 N 型光譜中有碳分子（C_2）和氰分子（CN）的光譜帶；S 型光譜中有氧化鈦（TiO）和氧化鋯（ZrO）的光譜帶。

表 10 恆星光譜的分類

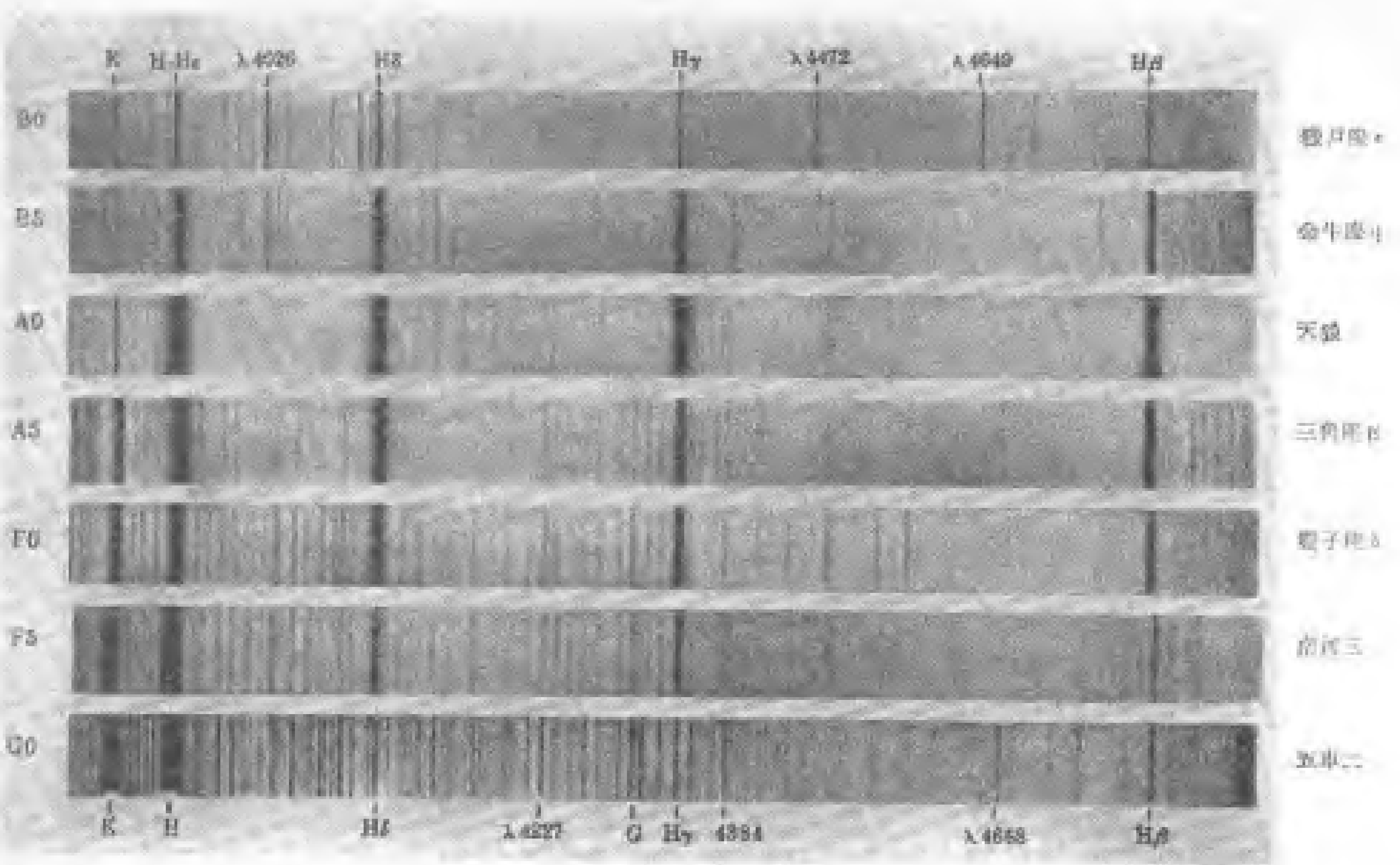
類型	光譜特徵	溫度	典型星
O	氫線，氦線，電離氦線，多次電離的矽、碳、氮和氧線。光譜中有發射線的名爲沃爾夫-拉葉 (Wolf-Rayet)(它們的溫度當 100,000°)。	25,000—30,000°	船尾座 ζ 獵戶座 λ 英仙座 ξ 仙王座 λ
B	氦線，氫線(愈近 A 型愈强)。電離鈣的 H 和 K 線很弱。	15,000—20,000°	獵戶座 ε 英仙座 γ 室女座 α(角宿一) 獵戶座 γ
A	氫線極强，電離鈣的 H 和 K 線愈近 F 型愈强，弱金屬線出現。	10,000°	大犬座 α(天狼) 雙子座 γ 天琴座 α(織女)
F	電離鈣的 H 和 K 線及金屬線愈近 G 型愈强。氫線變弱。鈣線 4227 Å 出現，愈近 G 型愈强。碳氫化合物的 G 帶出現並變强。	7,500°	雙子座 δ 小犬座 α(南河三) 英仙座 α
G	鈣的 H 和 K 線很强。鈣線 4227 Å 和鐵線相當强。金屬線很多。氫線愈近 K 型愈弱。G 帶很强。	6,000°	御夫座 α(五車二) 太陽
K	金屬線很强，如 H，K 和 4227 Å 線。氫線很不顯著。G 帶很强。從 K5 型起可見氧化鈦 (TiO) 的吸收帶。	4,500°	牧夫座 α(大角) 雙子座 β(北河三) 金牛座 α(畢宿五)
M	氧化鈦和其他化合物的吸收帶很强。金屬線如 H，K 和 4227 Å 線顯著；G 帶變弱。鯨魚座 o 型長周期變星光譜中有氫的發射線(符號 Me)。	2,000—3,500°	獵戶座 α(參宿四) 天蝎座 α(心宿二) 鯨魚座 o

因爲哈佛光譜分類法的基礎是恆星光譜中不同元素的譜線強度的估計，並且這種強度由一種光譜類型到鄰近的光譜類型是均勻地變化的，所以在光譜的各類型之間可以引進中間類型，用從 0 到 9 的數字附在字母後面來表示，例如 B2，A4，F7，M3 等類型。後來又



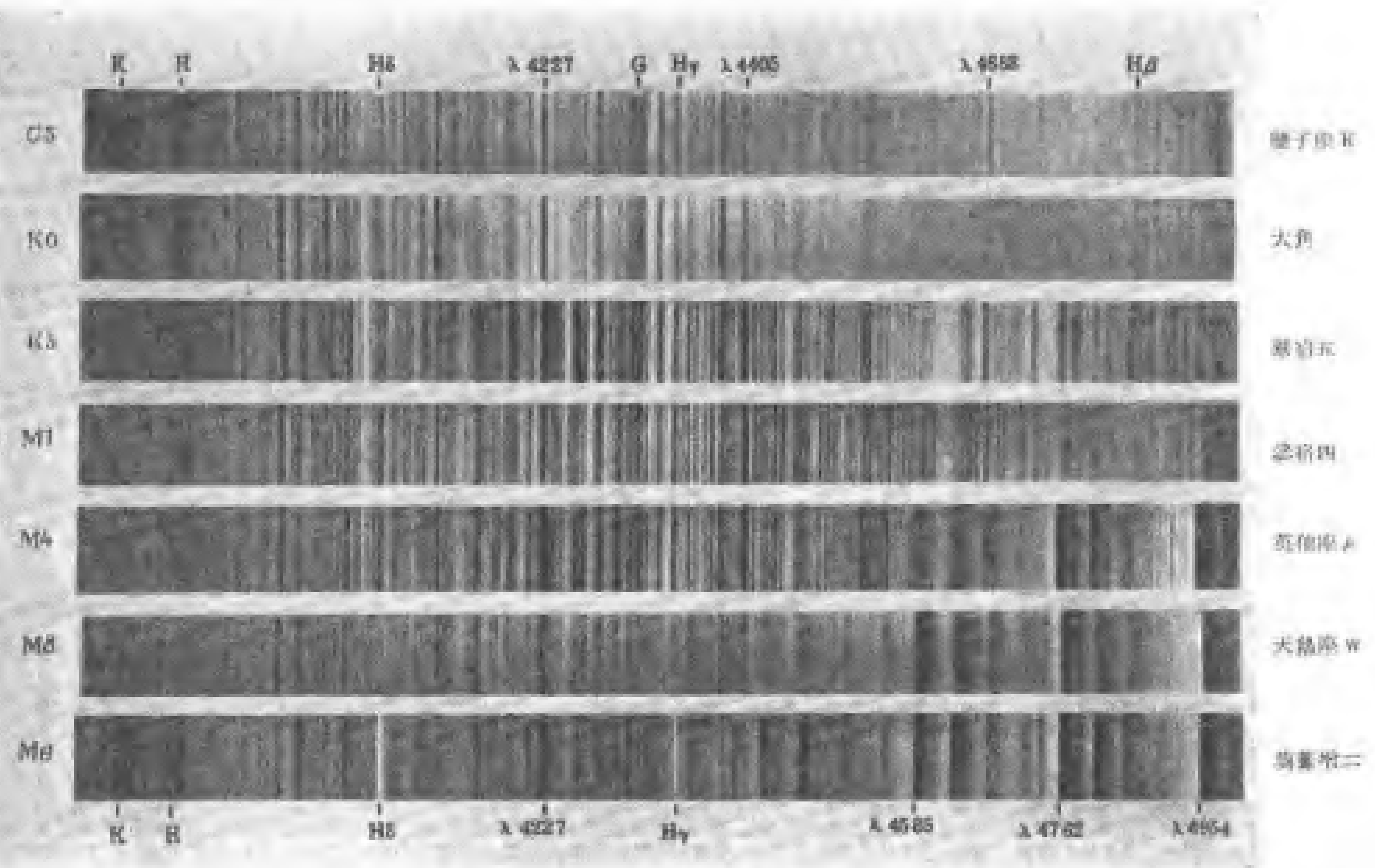
K
Hε
Hδ
Hγ
Hβ
N₂ N₁
Pe
WC7 Oa
WN6 Ob
WN5 Oc
O6V Od
O5f Od
O8III Oe5
B. D. −12°1172
B. D. +35°4013
B. D. +35°4001
B. D. +36°3987
仙王座λ
B. D. +35°3930
猎户座λ
K
H·Hε
λ4026
Hδ
λ4200
Hγ
λ4478
λ4542
λ4686
Hβ

图45. 甲、W 型光谱



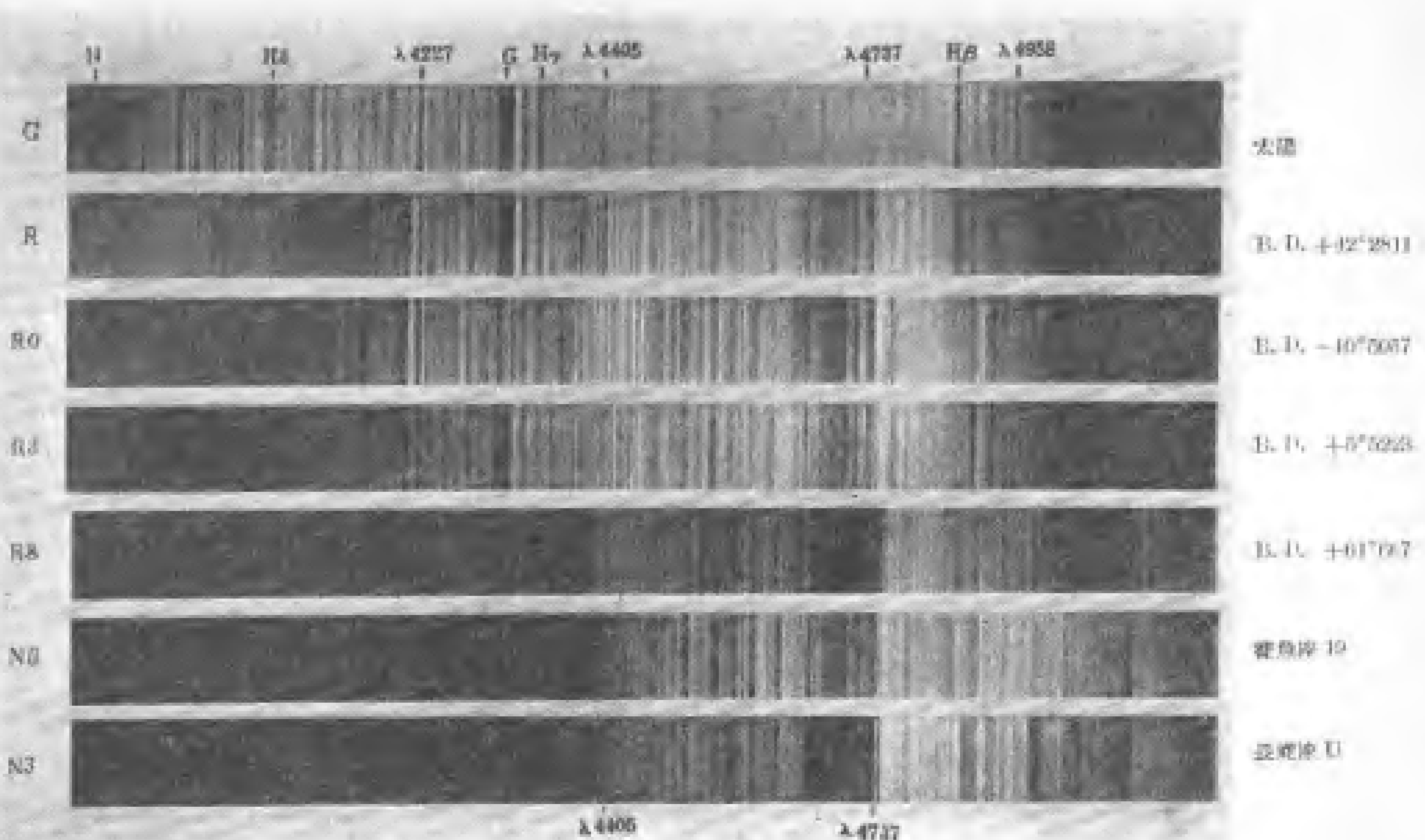
K H·Hε λ4026 Hδ Hγ λ4472 λ4649 Hβ
B0 猎户座ε
B5 金牛座η
A0 天狼
A5 三角座β
F0 双子座δ
F5 南河三
G0 五车二
K H Hδ λ4227 G Hγ 4384 λ4668 Hβ

图45. 乙.恒星光谱



K
H
Hδ
λ 4227
G
Hγ
λ 4405
λ 4568
Hβ
G5
K0
大角
K5
毕宿五
M1
参宿四
M4
英仙座ρ
M8
M8
蒭藁增二
λ 4585
λ 4762
λ 4954

图 G、M、型星光谱



H
Hδ
λ 4227
G
Hγ
λ 4405
λ 4737
Hβ
λ 4958
G
R
R6
R3
R8
N0
N3
太阳
B. D. +12°2811
B. D. −10°5057
B. D. +5°5223
B. D. +01°797
λ 4405
λ 4737

图65. 丁、丙型光谱

爲了在同一光譜類型裏要區分矮星、巨星和超巨星（各有其光譜特徵；參閱 95 頁），在光譜類型的前面也附加了字母記號：*d*—矮星，*g*—巨星，和 *c*—超巨星；或者在後面加 *e* 表示光譜中有發射線的恆星，加 *p* 表示特殊光譜的恆星*。

通常所說的早期光譜型（O、B、A）和晚期光譜型（K、M、N、R、S），它們和恆星的年齡並沒有直接關係，它們只不過指出各種光譜型在上述光譜型序列中在前和在後的地位而已。

恆星光譜中某種化學元素譜線的出現證明這種元素在恆星大氣中的存在。但是我們並不能因某種物質譜線的不存在就斷定某恆星上沒有這種物質。在光譜被詳細研究過的恆星中，有 95% 含有和太陽同樣的那些元素，並且含量的比率也一樣（參閱表 3）**。

溫度對譜線的出現起着主要的作用。因此，從詳細的光譜分類與譜線的研究可以測定恆星的溫度。譜線的特徵以及有些譜線的強度，是和恆星大氣的密度有關的。我們早就從物理實驗知道，在平常大氣壓力下電弧光譜中的譜線是屬於中性原子的譜線，而放電管中的火花光譜，即在極低壓力下所得的光譜，則含有電離原子的譜線。和這種情形相仿，我們可以在各種不同恆星的光譜中找到火花譜線和電弧譜線；前者主要是在具有密度稀薄而很厚的大氣的恆星光譜中，後者則在於具有密度較大而相當薄的大氣的恆星光譜中。超巨星大氣很厚，它們的光譜線是細而清晰的。矮星的大氣相當薄，光譜線沒有像超巨星光譜線那樣清晰。太陽的大氣比較薄，它的最密的部分——反變層——厚度只有 500 公里左右。在極少情形下（某些具有很厚大氣的食雙星）幾乎可以直接量出大氣厚度和研究其成分及結構。例如御夫座 ζ 雙星體系中的 K 型星具有厚 32,000,000 公里的大氣。白矮星（根據理論的推算）的大氣厚度只有幾公尺。表

---

* 關於光譜分類的新符號系統參閱 98 頁。

** 宇宙中最多的元素是氫（約佔 90%），其次是氦（爲氫的十分之一），再次是碳、氮、氧和矽（四者差不多相等），其餘元素中就再沒有一種是超過上述四種物質中任一種含量的十分之一了。

9中列出相當於哈佛分類法中各光譜類型的温度。至於恆星的內部深處，我們不能直接研究其中的化學成分和物理狀態，只能根據恆星內部結構的一般理論研究來推求。恆星內部結構的理論，包括關於恆星能量來源問題的理論，是建立在由觀測所得的恆星特徵之間的統計關係上的，其中特別是"質光關係"（113頁）。

恆星的距離和光度 恆星的光度表示恆星發射的總能量。單是恆星的視亮度並不能代表它的本身光度，因爲視亮度和恆星與我們的距離有關。只有根據同一距離恆星的視亮度才可以判定它們本身光度的比。恆星的三角視差的測量是測定恆星距離的基本方法，一切其他測定恆星距離的方法都是根據這個基本方法而來的。地球軌道的平均半徑在某一恆星處所張的角（假定這半徑垂直於視線；參閱圖46）稱爲恆星的視差。對最近的恆星來說，這個角小於一弧秒（0″.765）*。恆星間的平均距離爲它們的平均半徑的10^7倍。

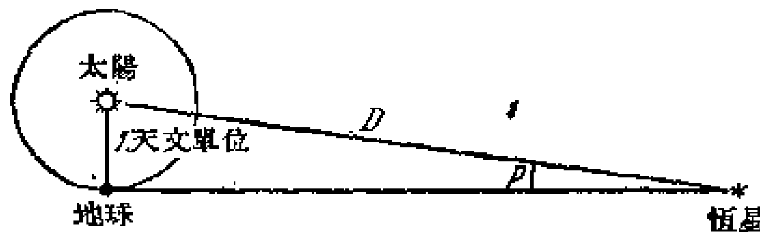


圖46. 恆星的視差

視差p是計算距離的極方便的數量，因爲在它們之間有簡單的關係：

$$D=\frac{1}{\sin p}, \tag{6}$$

其中距離D用天文單位表示。

因爲恆星的視差都小於一弧秒（1″），所以能够用以"弳"計的角度的本身數值來代替$\sin p$［1弳等於57°.3，或206,265″（參閱158頁）］。因此，

* 這等於我們用肉眼看1.5公里遠處一枚鉛筆的寬度。光線從這個最接近我們的恆星到地球需4年3月又20天。

$$D=\frac{206,265''}{p''}\text{ 天文單位}. \qquad (6')$$

我們常常用**秒差距**(nc)作爲恆星距離的單位——它相當於視差爲一秒的距離，所以

$$D=\frac{1}{p''}\text{ 秒差距}. \qquad (6'')$$

1 秒差距等於 206,265 天文單位，或 3.084×10^{13} 公里，或 3.26 光年。千秒差距（κnc）等於 1000 秒差距，百萬秒差距（μnc）等於 1,000,000 秒差距。

實際上三角視差的測量是用攝影方法進行的，這種照片是在相隔半年，也就是地球在其軌道上相反的兩點時拍得的。地球沿軌道的運動引起恆星在更暗因而也是更遠的恆星背景上的視差位移。現代的儀器和方法可以勉強測定小到 $0''.01$ 的三角視差(也就是到 100 秒差距的遠處)。用這種方法測出視差的已經約有 5000 恆星。關於其他測定恆星距離的方法，下面還要談到（參閱 97 頁分光視差與 118 頁造父變星的距離)。

求恆星本身光度時我們所取的標準距離是 10 秒差距（視差 $0''.1$)，即 32.6 光年。恆星在這距離處的星等稱爲**絕對星等** M。因爲任何光源的亮度都和距離的平方成反比，而恆星的距離和視差成反比，我們可以推出視星等 m 和絕對星等 M 與視差 π 或距離 r（以秒差距計)的關係式爲:

$$M=m+5+5\log\pi^{*}$$

或

$$M=m+5-5\log r^{**}. \qquad (7)$$

從以上兩式可得

$$\log\pi=\frac{1}{5}(M-m)-1,\text{ 或 }\log r=\frac{1}{5}(m-M)+1. \qquad (7')$$

$m-M$ 稱爲**距離模數**。距離模數、視差 π 和距離 r（以秒差距計）的關係可查表 XLIV。

用公式(7)可以算出太陽（$m=-26^{m}.84$）的絕對星等 $M=+5^{m}$

（更精確些爲$+4^m.73$）。

絕對星等爲M_1和M_2的兩恆星本身光度L_1和L_2的關係，可根據下式計算：

$$\log\frac{L_2}{L_1}=0.4(M_1-M_2). \tag{8}$$

恆星本身光度L和太陽光度$L_{\odot}$之比可以根據下式計算：

$$\log\frac{L}{L_{\odot}}=0.4(4.73-M)=1.892-0.4M. \tag{9}$$

表 XLV 中列出$\frac{L}{L_{\odot}}$數值（是根據目視絕對星等計算的）。

用這公式把視差已知的恆星的本身光度算出來，我們發現有比太陽亮到幾十萬倍的"巨星"［例如天蝎座ζ_1（$M=-9^m.4$），劍魚座S（$M=-8^m.9$）］和比太陽暗到幾十萬倍的"矮星"［例如沃爾夫359號星（$M=+16^m.5$），BD+4°4048的暗弱伴星（$M=+19^m.2$）］。

我們把大批恆星的絕對星等和光譜型對比地畫起來，就得到所謂"光譜-光度關係圖"［又名赫茨斯普龍-羅素圖（圖47）］。

在這圖上馬上可看出兩個主要分枝：主星序和巨星分枝，在K型和M型處這個區分特別顯著。因爲對於同一光譜型，這兩分枝中恆星的表面溫度是一樣的，所以它們光度的不同就說明它們大小的

---

* 精確的關係式是：

$$M=m+5+5\log\sin\pi+5\log 206,265=m+31.57+5\log\sin\pi.$$

** 星際吸光（見124頁）使恆星亮度減弱，也就使視星等的數值增大。計入星際吸光作用時我們所用的公式如下：

$$M=m+5-5\log r-A(r),$$

其中$A(r)$爲吸光數值（和距離r成正比）。

這關係式也可寫成：

$$M=m+5-5\log r_1,$$

式中$\log r_1=\log r+\frac{ar}{5,000}$，$r_1$—因吸光影響所得的假距離，$r$—真距離，$a$—吸收係數，即光線通過單位距離（例如千秒差距）時被吸收的數值，a平均等於每千秒差距$0^m.3$。但a的數值在沿銀河的很多方向竟達$3-5^m$之高。

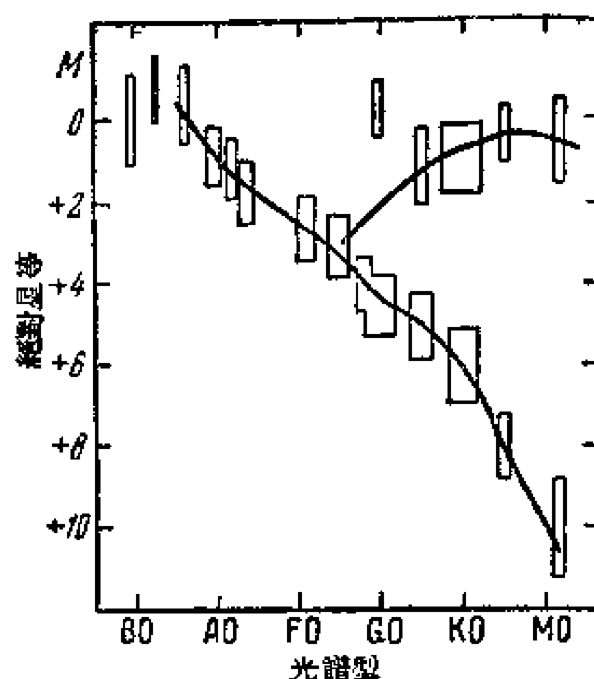


圖 47. “光譜-光度圖”示意圖。這是根據已測出三角視差的恆星所畫的。各矩形的高度表示絕對目視星等上的可能範圍。寬度和星數成正比。

不同。

隨着觀測材料的愈積愈多，將來我們可以在“光譜-光度圖”上發現(較亮的和較暗的)超巨星序和“白矮星”群。蘇聯科學家 П. П. 巴連那果發現了亮亞矮星序，而 Б. А. 沃龍佐夫-維里亞明諾夫注意到溫度高的恆星也形成某種星序，他把這種星序稱為藍白星序*。所有這些星序都畫在圖 48 中，而平均絕對星等與光譜型的關係可見表 11。

用這種圖(圖 47)可以從光譜型求出絕對星等 M，這在 O—F 光譜型的情形下非常方便。這樣測定了絕對星等，我們就很容易地得到視差數值。這是測定恆星距離的所謂天體物理方法之一。根據光

* 根據 П. П. 巴連那果最近的研究，“光譜-光度圖”的主星序分為兩部分：從 O 到 F—G 型和從 F—G 到 M 型。在主星序這兩部分中恆星的運動特徵是不同的，這也許是由於它們起源不同的緣故。

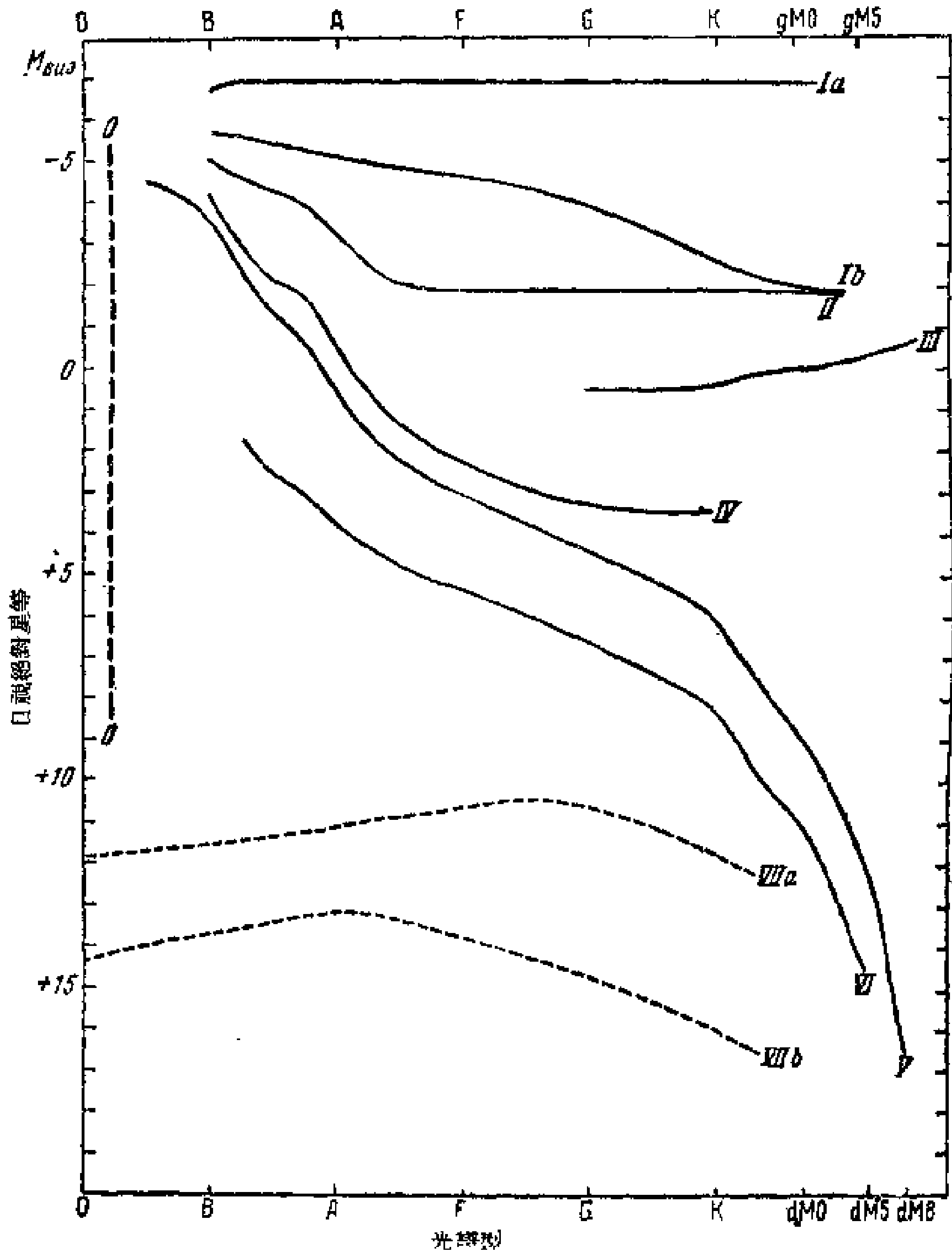


圖 48. "光譜-光度圖". Ia—亮超巨星序, Ib—暗超巨星, II—亮巨星, III—暗巨星, IV—亞巨星, V—主星序, VI—亮亞矮星序, VIIa—有原子核能源的亞矮星. VIIb—沒有原子核能源的亞矮星, OO—藍白星序.

譜可以求出恆星的絕對星等，再從絕對星等可以得到視差，這樣所得的視差叫做**分光視差**（我們在根據光譜型來測定恆星絕對星等時，實際上只要測出某些特選譜線的相對強度就行了，因爲有些譜線的強度比值和恆星的絕對星等有着明顯的關係）。

對於晚型光譜恆星，因爲必須先要根據光譜本身的情況來區別

表 11 "光譜-光度圖"上各種星序中恆星的目視絕對星等

光譜	亞矮星 VI	主星序 V	亞巨星 IV	巨星		超巨星	
				III	II	Ib	Ia
B0	......	−3.9	−4.2	−4.5	−5.2	−6.0	−6.7
B1	......	−3.2	−3.8	−4.3	−5.1	−6.0	−7.0
B2	......	−2.6	−3.3	−4.1	−5.0	−5.7	−7.0
B3	+1.8	−2.0	−2.8	−3.7	−4.5	−5.7	−7.0
B5	2.6	−1.3	−2.2	−3.2	−4.5	−5.7	−7.0
B8	3.1	−0.5	−1.7	−3.0	−4.3	−5.5	−7.0
A0	+3.7	+0.3	−0.4:*	−1.1	−3.0:	−4.8	−7.0
A2	4.2	1.2	+0.2:	−0.7	−2.7:	−4.7	−7.0
A5	4.7	2.2	1.4:	0.0	−2	−4.5	−7.0
A7	5.0	2.6	1.7:	+0.3	−2	−4.5	−7.0
F0	+5.3	+3.0	+2.0:	+0.6	−2	−4.5	−7.0
F2	5.5	3.2	2.5	0.8	−2	−4.5	−7.0
F6	6.0	3.8	2.9	1.0	−2	−4.5	−7.0
F8	6.3	4.1	3.1	1.0	−2	−4.5	−7.0
G0	+6.6	+4.4	+3.2	0.7	−2	−4.5	−7.0
G2	6.9	4.7	3.3	0.4	−2	−4.5	−7.0
G5	7.3	5.1	3.4	0.2	−2.0	−4.5	−7.0
G8	7.8	5.6	3.4	0.4	−2.1	−4.5	−7.0
K0	+8.2	+6.0	+3.4	+0.2	−2.1	−4.5	−7.0
K2	9.0	6.4	......	0.0	−2.2	−4.5	−7.0
K3	9.4	6.9	......	−0.1	−2.3	−4.5	−7.0
K5	10.4	7.8	......	−0.3	−2.4	−4.5	−7.0
M0	+11.0	+9.2	......	−0.4	−2.4	−4.5	−7.0
M1	11.7	9.7	......	−0.4	−2.1	−4.5	−7.0
M2	12.3	10.1	......	−0.4	−2.4	−4.5	−7.0
M3	13.0	10.6	......	−0.5	−2.1.	......	......
M4	13.9	11.3	......	−0.5	......	......	......
M5	+14.5	12.3	......	......	......	......	......
M6	......	+13.4	......	......	......	......	......

* 凡有：號的數值表示測定得不很可靠。

某一光譜型的星是巨星還是矮星，才能利用這圖，所以手續就比較麻煩。但即使在這種情況下，我們還是能够根據某些譜線強度的差異確定所研究的恆星是巨星還是矮星。

最近四十年來已測定分光視差的恆星已超過兩萬顆。這種方法應用於早期譜型 O 和 B 時並不能得出很精確的結果；當然，它對於那些太暗弱的星——不能精確把光譜分類和測定譜線相對強度的星——也一樣失效。

現在我們對於很多亮星不僅可以根據它們光譜的情況看出光譜型，而且還可以決定它們是屬於圖 48 上的那一星序。在這種情況下，我們就在光譜型的記號旁再加註上相當的羅馬數字（見表 12 所列）。

表 12

恆星種類	記號	恆星種類	記號
亮超巨星	Ia	主星序	V
暗超巨星	Ib	亞型矮星	VI*
亮巨星	II	有原子核能源的白矮星	VIIa*
暗巨星	III	沒有原子核能源的白矮星	VIIb*
亞巨星	IV		

* 這些記號並不是已經一般通用的，是本書第一次使用。以前所習用的白矮星簡略記號是在光譜型前寫 *wd*。

表 13　太陽附近各種不同光譜型恆星的相對數量

光譜	%	光譜	%	光譜	%
B0—B9	0.16	dG0—dG9	4.32	gG0—gG9	0.01
A0—A9	1.18	dK0—dK8	16.27	gK0—gK5	0.23
F0—F9	2.30	晚期 dM0	75.50	晚期 gM0	0.03

表 14 和表 XLI 中，在許多亮星的光譜型符號旁所附加的記號就是按照這種方式加上的，它們指出這些星本身光度的情況。

我們用**光度函數** φ(*M*)（見圖 49）表示具有各種不同光度的恆

星的相對數。從圖 49 可以看出 $M=+15^m$ 的星數比較最多，再暗的星數目均匀地減少。

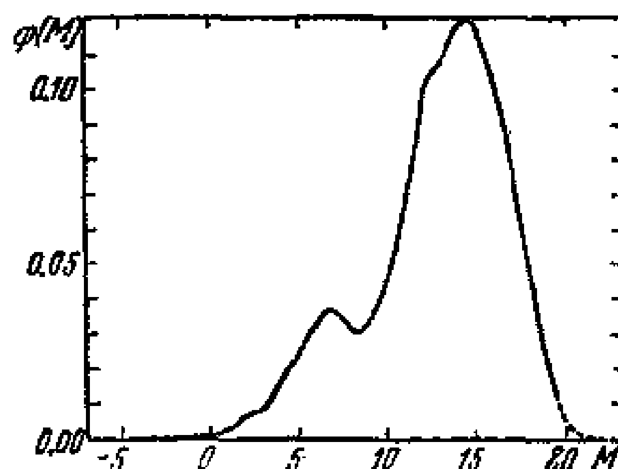


圖 49．光度函數

現在所知道的最暗的恆星是 BD+4°4048 的暗弱伴星（18^m），它的距離是 19 光年（視差 0″.170），絕對星等 $M=+19^m.2$，所以它的本身光度爲太陽光度的 5,500,000 分之一。如果我們在一個天文單位遠的地方看它，那麼這個矮星不會比滿月的光亮很多。我們現在還不知道有比它更暗的星。超新星（在極大亮度* 時 M 從 -14^m 到 -18^m）是最亮的恆星。關於太陽附近區域內各種不同光譜型恆星數目的分佈，可見表 13。

因爲晚期光譜型恆星分爲矮星和巨星，而矮星我們不能在太陽附近看到，所以 K—M 型恆星的相對數目應該比表 13 所列的多得多。比 M 型恆星溫度更低，即色指數更大的恆星，由於它們本身光度太弱，我們所知道的這種星還爲數極微。

由於恆星非常遙遠，所以能比較可靠地測出角直徑的（用一種叫做干涉儀的特殊儀器）只有幾十個恆星**。但是因爲在恆星的表面

* 參閱 121 頁。

** 它們的角直徑從 0″.0085 到 0″.047。用干涉儀所測出的最大角直徑也不過等於在 75 公里遠處看到的一顆豌豆的大小。

表 14 天空最亮的恒星

星名	$m_{目視}$	光譜	μ	π	r(秒差距)	$M_{目視}$	L ($L_☉=1$)
1[1] 天狼(大犬座α)	−1.6	A1 V	1″.32	0″.375	2.7	+1.3	23
2 老人(船底座α)	−0.9	cF0	0.02	0.018	55.5	−1.6	5,200:
3[2] 南門二(半人馬座α)	+0.3	G0	3.68	0.760	1.3	+4.7	1.0
4 織女(天琴座α)	0.1	A0 V	0.35	0.123	8.1	+0.5	48
5[3] 五車二(御夫座α)	0.2	G0	0.44	0.073	13.7	−0.5	120
6 大角(牧夫座α)	0.2	K2 IIIp	2.29	0.090	11.1	0.0	76
7 參宿七(獵戶座β)	0.3	B8 Ia	0.01	0.005:	200:	−6.2:	23,000:
8[4] 南河三(小犬座α)	0.5	F5 IV	1.25	0.288	3.5	+2.8	5.8
9 水委一(波江座α)	0.6	B5	0.09	0.023	43.5	−2.6	800:
10 馬腹一(半人馬座β)	0.9	B1	0.04	0.016	62.5	−3.1	1,300:
11 河鼓二(天鷹座α)	0.9	A7 V	0.66	0.198	5.0	+2.4	8.[illegible]
12[5] 參宿四(獵戶座α)	0.9	M2 Iab	0.03	0.011	90	−3.9	2,800
13[6] 十字架二(南十字座α)	1.1	B1	0.05	0.015:	67:	−2.7:	900:
14[7] 畢宿五(金牛座α)	1.[illegible]	K5 III	0.20	0.048	20.8	−0.5	120
15 北河三(雙子座β)	1.2	K0 III	0.62	0.093	10.7	+1.0	30
16 角宿一(室女座α)	1.2	B1 V	0.05	0.021	47.7	−2.2	600:
17[8] 心宿二(天蠍座α)	1.2	cM1	0.03	0.019	52.5	−2.4	700:
18 北落師門(南魚座α)	1.3	A3	0.37	0.141	7.0	+2.1	11
19 天津四(天鵝座α)	1.3	A2 Ia	0.00	0.006	170:	−1.8:	6,000:
20[9] 軒轅十四(獅子座α)	1.3	B7 V	0.24	0.039	25.6	−0.7	140

1 伴星——大犬座α星B(α CMa B) 8.1 A5 $M=+10.9$ $L=0.008$(白矮星)
2 伴星——半人馬座α星B(α Cen B) 1.7 K5 $M=+6.1$ $L=0.28$
伴星——半人馬座α星C(α Cen C) 11 M $M=+15.4$ $L=0.000052$("比鄰星")
3 伴星——御夫座α星B(α Aur B) 10.0 M1 $M=+9.3$ $L=0.014$
伴星——御夫座α星C(α Aur C) 13.7 M5 $M=+13.0$ $L=0.0005$
4 伴星——小犬座α星B(α CMi B) 10.8 $M=+13.1$ $L=0.00044$
5 變星
6 伴星——南十字座α星B(α Cru B) 1.9 B1 $M=-2.2$ $L=600$
7 伴星——金牛座α星B(α Tau B) 13 M2 $M=+11.4$ $L=0.0021$
8 伴星——天蠍座α星B(α Sco B) 5.2 B1 $M=+1.6$ $L=17$
9 伴星——獅子座α星B(α Leo B) 7.6 G2 $M=+5.6$ $L=0.44$
伴星——獅子座α星C(α Leo C) 13 $M=+11.0$ $L=0.0030$

溫度、大小及光度之間有着一定的關係。所以只要知道它的絕對星等 $M_{目視}$ 和色指數 c 以後便可以求出恆星的半徑 R:

$$\log R = 0.82\,c - 0.20\,M_{目視} + 0.51, \tag{10}$$

式中 R 是以太陽半徑作爲單位來計算的。

知道了溫度 T 和 $M_{目視}$，可以按下式測定半徑：

$$\log R = \frac{5900}{T} - 0.20\,M_{目視} - 0.02. \tag{10'}$$

此外還有一種測定恆星大小的方法，是根據對食雙星的研究來的(見 111 頁)。

表 15 載着若干恆星的測量所得的和計算所得的直徑數值[用上面的公式 (10) 和 (10′)]。

太陽的直徑爲地球直徑的 109 倍；參宿四(獵戶座 α)的直徑爲太陽直徑的 350 倍，而武仙座 α 的直徑爲太陽的 800 倍。食變星劍魚座 S 的兩個組成星的直徑大約各爲太陽直徑的 1400 倍和 1200 倍；食雙星仙王座 VV 的兩個一樣大的組成星的直徑各爲太陽直徑的 1200 倍。另一方面，我們所知道的最小的白矮星沃爾夫 457 的直徑只及太陽直徑的三百分之一，也就是幾乎只有地球直徑的三分之一。這樣，最大恆星的直徑大約比最小恆星的直徑大 400,000 倍。如果把我們的太陽比做一顆櫻桃，那麼已知的最大恆星的直徑就等於 23 公尺，最小的恆星就像直徑只有 0.05 毫米的小砂粒。

表 14 和 16 中收集了關於最亮的恆星(表 14)和最近的恆星(表 16)的主要數據。比較這兩表可證實矮星在宇宙中佔大多數的推斷。現在知道的最近的 31 個恆星中，只有兩個星的本身光度比太陽亮，而全天最亮的 22 個星中只有一個本身光度和太陽的相等，其餘絕大多數都是巨星。

表 14 和 16 除視星等 (m)、光譜型、視差 (π)、距離 (r，以秒差距計) 和絕對星等 (M) 之外，還列出以太陽作單位計的本身光度 (L)。

表 15 若干恆星的測量所得的和計算所得的直徑

恆星	光譜	直徑(測量) ☉=1	直徑(計算) ☉=1	星類
御夫座ε星B (ε Aur B)	K5	2000	—	超巨星
劍魚座S星A (S Dor A)		1400	—	超巨星
劍魚座S星B (S Dor B)		1260	—	超巨星
仙王座VV星A (VV Cep A)	M2	1200	—	超巨星
仙王座VV星B (VV Cep B)		1200	—	超巨星
武仙座α (α Her)		800	—	超巨星
鯨魚座ο (ο Cet)	M8e	*400**	—	超巨星
獵戶座α (α Ori)	M2	*350****	290	超巨星
御夫座ζ星A (ζ Aur A)	K4	300	—	超巨星
天蠍座α (α Sco)	M1	*300*	320	超巨星
御夫座ε星A (ε Aur A)	F5	200	—	超巨星
飛馬座β (β Peg)	M2	*110*	130	
金牛座α (α Tau)	K5	*38*	60	巨星
天鵝座V 380星A (V 380 Cyg A)	B2	29	—	巨星
牧夫座α (α Boo)	K2	*27*	30	巨星
御夫座α (α Aur)		—	16	巨星
天鵝座Y星A、B (Y Cyg A, B)	O9	5.9	—	
英仙座β星A (β Per A)	B8	3.1	—	普通矮星
御夫座β星A (β Aur A)	A0	2.8	—	普通矮星
小熊座α星A (α UMi A)	F8	—	1.7	普通矮星
半人馬座α星A (α Cen A)	G4	—	1.2	普通矮星
太陽	G2	1.0	1.0	普通矮星
大熊座W星A (W UMa A)	F8	0.9	—	普通矮星
蛇夫座70號星A (70 Oph A)	K1	—	0.9	普通矮星
蛇夫座70號星B (70 Oph B)	K5	—	0.7	普通矮星
克魯格(Krüger)60號星A	M4	—	0.5	普通矮星
大犬座α星B (α CMa B)	A5	—	0.02	白矮星
波江座40號星B (40 Eri B)	A	—	0.02	白矮星
萬馬南(van Maanen)星	F3	—	0.006	白矮星
A.C. +70°8247***		—	0.005	白矮星
沃爾夫457	(A)	—	0.003	白矮星

* 斜體字表示用干涉儀測量的直徑，正體字表示按食變星所求得的直徑。

** 直徑從 *300* 變到 *400*。

*** 表示攝影星表中 +70° 帶的第 8247 號星。

表 16　離太陽最近的恆星

星　　名	坐標		$m_{目視}$	光　譜	π	μ	r	$M_{目視}$	$L(\odot=1)$
	α_{1900}	δ_{1900}							
	h　m		m		″	″		m	
半人馬座比鄰星	14 22.8	−62°15′	10.5	M	0.762	3.85	1.3	+14.9	0.000086
半人馬座 α 星 A 和 B	14 32.8	−60 25	0.3; 1.7	G0, K5	0.751	3.67	1.3	+4.7; +6.1	1.04 和 0.28
巴納德 (Barnard) 星	17 52.9	+ 4 25	9.5	M5	0.545	10.27	1.8	+13.2	0.00041
沃爾夫 359*	10 51.6	+ 7 37	13.5	M8e	0.402	4.67	2.5	+16.5	0.000018
路登 (Luyten) 726 和 728 (鯨魚座 UV)	1 31.0	−18 28	12.5; 13.0	M6e	0.410	3.35	2.5	+15.6; +16.1	0.000045和0.000030
拉蘭德 (Lalande) 21185	10 57.9	+36 38	7.5	M2	0.398	4.77	2.5	+10.5	0.005
天狼 A 和 B	6 40.7	−16 35	−1.6; 8.0	A0, A6	0.375	1.32	2.7	+1.3; +10.9	24 和 0.0034
羅斯 (Ross) 154	18 43.6	−23 57	10.6	M6	0.351	0.68	2.9	+13.3	0.00038
羅斯 (Ross) 248	23 37.0	+13 39	12.2	M6	0.316	1.82	3.2	+14.7	0.000104
波江座 ε	3 28.2	− 9 48	3.8	K2	0.303	0.97	3.3	+ 6.2	0.26
天鵝座 61 星 A 和 B	21 02.4	+38 15	5.6; 6.3	K6, M0	0.292	5.24	3.4	+7.9; +8.6	0.054 和 0.028
南河三 A 和 B	7 34.1	+ 5 29	0.5; 10.8	F5, ?	0.288	1.21	3.5	+2.8; +13.1	5.9 和 0.00045
印第安座 ε	21 55.7	−57 12	4.7	K5	0.285	4.69	3.5	+ 7.0	0.124
斯特魯維 2398 A 和 B	18 41.7	+59 29	8.9; 9.7	M4, M4	0.280	2.31	3.6	+11.1; +11.9	0.0028 和 0.0014
羅斯 128	11 42.6	+ 1 23	11.0	M5	0.278	1.40	3.6	+13.2	0.00041
格魯姆勃利治 (Groombridge) 34 A 和 B	0 12.7	+43 27	8.1; 10.9	M2, M5	0.278	2.89	3.6	+10.3; +13.1	0.006 和 0.00045
路登 837	22 33.0	−15 52	12.2	dM5,5e	0.278	3.27	3.6	+14.4	0.000136
鯨魚座 τ	1 39.4	−16 28	3.6	K0	0.275	1.92	3.6	+ 5.8	0.37
拉凱爾 (Lacaille) 9352	22 59.4	−36 26	7.2	M0	0.273	6.91	3.7	+ 9.4	0.0136
BD+5°1668	7 22.0	+ 5 31	10.1	M5	0.263	3.74	3.8	+12.2	0.00103
拉凱爾 8760	21 11.4	−39 15	6.6	M0	0.256	3.53	3.9	+ 8.6	0.028
克魯格 A 和 B	22 24.4	+57 12	9.9; 11.4	M1, M6	0.252	0.87	4.0	+11.9; +13.4	0.00137 和 0.00034
凱普泰因 (Kapteyn) 星	5 07.7	−44 59	9.2	M0	0.251	8.75	4.0	+11.2	0.0026

* 即沃爾夫星表第 359 號星；同樣，下一星即為路登星表第 726 號星，等等。

恆星的運動　在自然界裏沒有絕對的靜止，一切都在運動着；從古以來被稱作"恆"星的星辰也是在運動着的。1718年哈雷把當時所測定的若干亮星的位置和托勒玫星表中的坐標相比較，才發現了恆星的運動。恆星本身在天球上的移動稱爲自行(μ)，這是一年中恆星空間運動過的距離與天球相切的平面上的投影(以弧秒表示)。恆星的自行是肉眼完全不能覺察的；我們所熟悉的星座形狀要過幾萬年才看得出改變(見圖50所畫的200,000年前的、現在的以及200,000年以後的大熊星座的形狀)。已知的自行最大的星是巴納德所發現的"飛星"，它每年移動10″.27，在188年中它移過的距離就等於月亮的平均角直徑*。

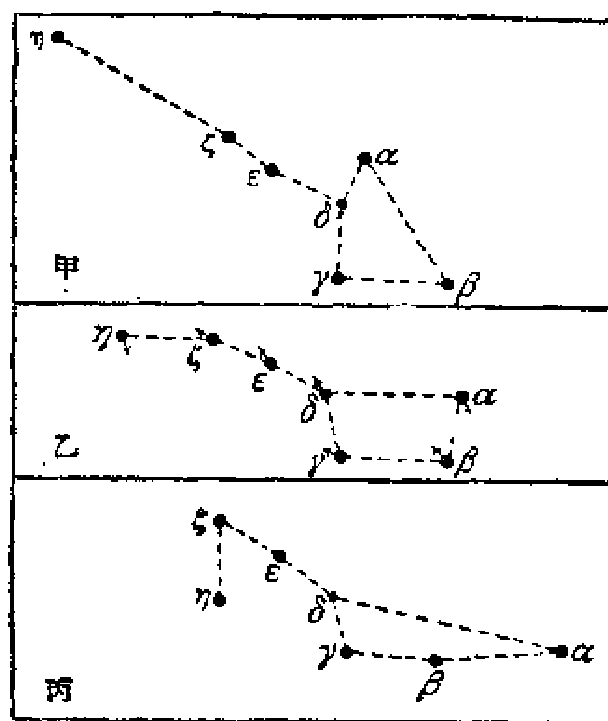


圖50. 大熊星座亮星在400,000年中的自行
甲、200,000年前的大熊星座；乙、現在的形狀；丙、200,000年後的形狀。(譯者註：圖中所畫即我國所謂北斗七星。)

---

* 現代測定的恆星位置精確度極高，像這樣的移動速度，在只隔一兩天所攝的兩張照片就可看出了。

表 17 自行星

星名	坐標 α_{1900}	坐標 δ_{1900}	$m_{目視}$	光譜	μ
	h m		m		″
巴納德星	17 52.9	+ 4°25′	9.7	M5	10.27
凱普泰因星	5 07.7	−44 59	9.2	M0	8.75
格魯姆勃利治 1830	11 47.2	+38 26	6.5	G5	7.04
拉凱爾 9352	22 59.4	−36 26	7.2	M0	6.91
柯多巴 (Cordoba) 32416	23 59.5	−37 51	8.6	M4	6.11
羅斯 (Ross) 619	8 06.5	+ 9 11	12.5	M6	5.40
天鵝座 61 A 和 B	21 02.4	+38 15	5.6; 6.3	K5, M0	5.24
拉蘭德 21185	10 57.9	+36 38	7.5	M2	4.77
印第安座 ε	21 55.7	−57 12	4.7	K5	4.69
沃爾夫 359	10 51.6	+ 7 37	13.5	M8e	4.67
拉蘭德 21258 A 和 B	11 00.5	+44 02	8.8; 14.8	M1, M6e	4.54
波江座 o^2 A	4 10.7	− 7 49	4.5	G5	4.08
波江座 o^2 B 和 C	4 10.7	− 7 49	9.2; 11.0	A2, M5e	4.06*
沃爾夫 489	13 31.8	+ 4 13	14.5	G8	3.94
半人馬座比鄰星	14 22.8	−62 15	10.5	M	3.85
半人馬座 α 星 A 和 B	14 32.8	−60 25	0.3; 1.7	G0, K5	3.67*
仙后座 μ	1 01.6	+54 26	5.3	G5	3.75
BD+5°1668	7 22.0	+ 5 31	10.1	M5	3.74
BD−15°4041, 4042	15 04.7	−15 54	9.5; 9.2	G9, G8	3.68
拉凱爾 8760	21 11.4	−39 15	6.6	M0	3.51
路登 837	22 33.0	−15 52	12.2	dM5, 5e	3.27
羅斯 (Ross) 451	11 34.7	+67 53	12.3	K4	3.20
羅斯 (Ross) 578	3 33.4	−11 45	13.1	M2	3.16
波江座 82	3 15.9	−43 27	4.3	G5	3.16
萬馬南星	0 43.9	+ 4 55	12.3	F3	3.01

* 質量中心的運動。

現在已知約有 330 個恆星的自行超過每年 1″。已測定自行的恆星一共有 40,000 個以上。恆星自行和恆星視線速度（卽沿視線的速度，換句話說卽離開我們或接近我們的速度，參閱 225 頁）的研究使

大的恆星

π	r	V_r (公里/秒)	V_t (公里/秒)	$M_{目視}$	L(⊙=1)
″					
0.545	1.8	−111	89	+13.2	0.00041
0.251	4.0	+242	165	+11.2	0.0026
0.116	8.6	− 98	288	+ 6.8	0.15
0.273	3.7	+ 10	120	+ 9.4	0.0136
0.219	46	+ 24	132	+10.3	0.006
0.151	6.6	− 35	170	+13.4	0.00034
0.292	3.4	− 64	85	+7.9; +8.6	0.054 和 0.028
0.398	2.5	− 87	57	+10.5	0.005
0.285	3.5	− 40	78	+ 7.0	0.124
0.402	2.5	+130	55	+16.5	0.000018
0.173	5.7	+ 62	124	+10.0; +16.0	0.0078 和 0.000031
0.200	5.0	− 12	96	+ 6.0	0.31
0.200	5.0	− 42	96	+10.7; +12.5	0.0041 和 0.00078
0.131	7.6	—	143	+15.1	0.000071
0.762	1.3	—	24	+14.9	0.000086
0.751	1.3	− 22	23	+4.7; +6.1	1.04 和 0.28
0.136	7.4	− 97	131	+ 6.0	0.31
0.263	3.8	+ 22	67	+12.2	0.00103
0.040	25.0	+302	436	+7.5; +7.2	0.078 和 0.103
0.255	3.9	+ 22	65	+ 8.6	0.028
0.278	3.6	− 60	56	+14.4	0.000136
0.041	24.4	−118	370	+10.4	0.0054
0.033	30.3	—	468	+10.7	0.0041
0.156	6.4	+ 87	96	+ 5.3	0.6
0.236	4.2	+238	60	+14.2	0.00016

我們得以測定太陽在空間中運動的速度和方向，看出恆星運動的若干系統性特徵並發現我們的整個恆星系——銀河系的自轉。表 17 是關於自行最大的恆星的數據。表中 V_r 表示視線速度；V_t 表示"切

線速度V_t，就是以每秒幾公里來表示(像視線速度那樣)的自行。知道了恆星距離D(因此也就知道視差π)和自行μ(圖51)，便可由下式得出切線速度：

$$V_t=\frac{\mu''}{\pi''}\text{天文單位/年,}$$

或

$$V_t=4.74\frac{\mu}{\pi}\text{公里/秒,}\quad(11)$$

式中係數4.74爲每天文單位的公里數(149,500,000)與每年秒數(31,556,926)之比。這兩個速度的平方和等於恆星對於太陽的全部空間速度V的平方，即

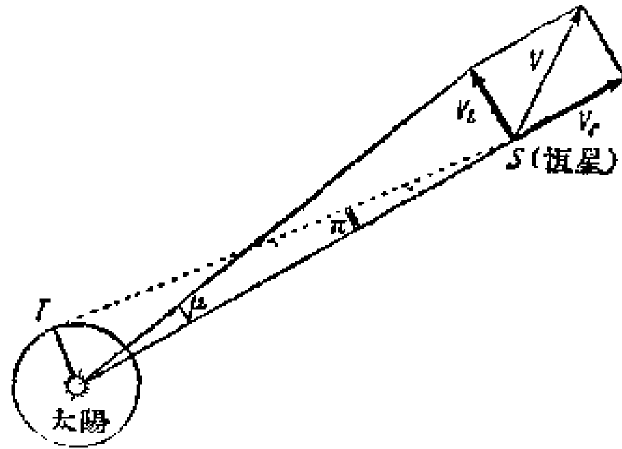


圖51. 恆星空間速度的分量

$$V=\sqrt{V_r^2+V_t^2}.\qquad(12)$$

恆星的空間速度比起恆星之間的相互距離來是微不足道的。如果把兩個恆星比作兩顆櫻桃，把一顆放在莫斯科，另一顆放在土拉(Тула)，而使這兩顆櫻桃以每年1公尺的速度互相接近，我們就可得到恆星運動速度的概念(П. П. 巴連那果教授的比喻)。

雙星和聚星　在全天的恆星中，平均每三個就有一個是雙星。在早先，很久都認爲雙星只是恆星分佈的偶然現象；即我們看起來很接近的兩顆星，實際上在空間相隔很遠，也就是認爲所有的雙星都是這樣的視雙星。但是後來W.赫式爾發現(這已是一百五十年前的事了)，很多雙星是有物理聯繫的恆星——物理雙星：兩顆星在空間互相很靠近並且按照萬有引力定律圍繞着兩星的公共質量中心運行。對於若干雙星，我們可以在幾十年中觀測伴星圍繞主星的運動(圖52)，並算出它的軌道根數(見213頁)。要完全確定伴星的運動，需要七個軌道根數。一個是伴星的公轉周期，五個是表示軌道大小、形狀和對於觀測者的相對位置的，還有一個是伴星通過最接近主星處的時刻(過近星點期)。這七個根數使我們可以決定任一時刻伴星在

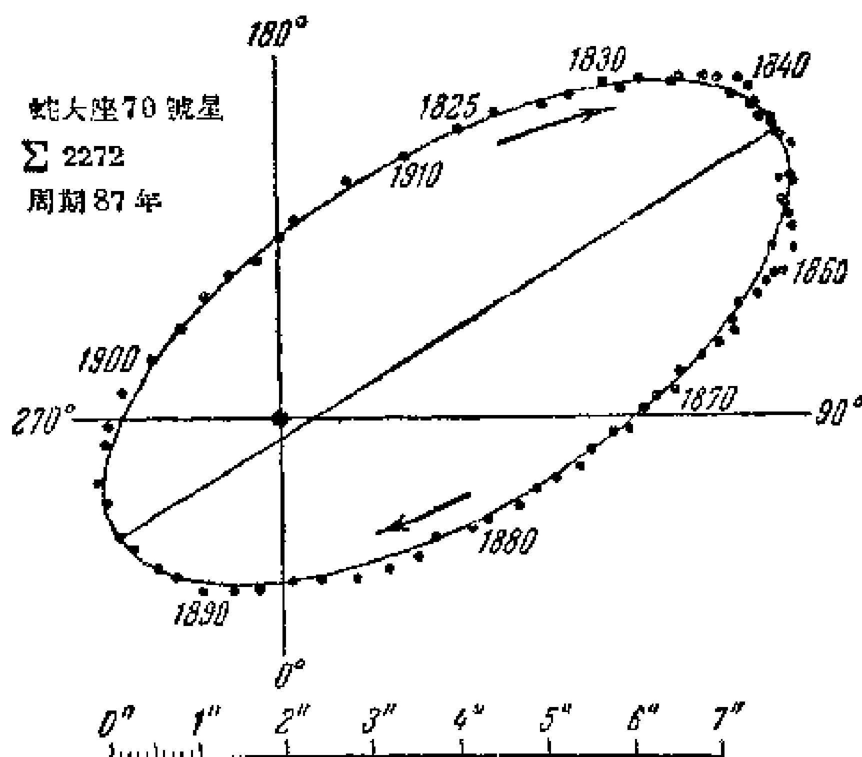


圖 52. 目視雙星的視軌道

軌道上的位置。

表 XLVI 甲中列出可以測驗望遠鏡分辨本領的雙星。表 XLVI 乙載着顏色差別極顯著的雙星(關於雙星的顏色見 83 頁)。

所有能够直接用望遠鏡分出子星的雙星，包括要用大望遠鏡才能分出的在內(也就是指子星相距大於 0″.10—0″.15 並且亮度差別不太大的雙星)，總稱爲目視雙星*。現在被列入專門星表的雙星已超過 30,000 對。

在 1500 對已發現軌道運動的物理雙星中，公轉周期有短到幾年的，也有長到幾千年的。

* 目視雙星用雙星專表中的號數表示——如 Σ 201 表示 B. A. 斯特魯維雙星表中的第 201 號雙星，β 575 表示 S. W. 本漢姆 (Burnham) 雙星表中的第 575 號、A 2102 表示 R. G. 艾肯 (Aitken) 雙星表中的第 2102 號等，或用兩種雙星總表中的號數表示——如 BDS 1351 表示本漢姆雙星總表第 1351 號，ADS 13881 表示艾肯雙星總表第 13881 號。

已知的周期最短的目視雙星是鯨魚座 ε（周期 1.59 年）。在已算出的 250 對雙星的軌道數據中，我們可以認爲其中周期在 400—500 年以下的是可靠的。很難說出現在已知的雙星最長公轉周期是多少。估計起來，軌道運動極慢的雙星公轉周期約爲幾十萬年。

有的物理雙星的兩個子星雖相距頗遠，但具有相同的自行、視差和視線速度；它們的空間距離爲幾千以至幾萬天文單位。如果它們確是互相圍繞運行，那麽公轉周期應該達到幾百萬年以上。舉例來說，半人馬座比鄰星就是這樣的星，它和明亮雙星半人馬座 α 在空間一起運動，而它和半人馬座 α 星的角距離 2° 相當於空間距離至少有一萬天文單位，公轉周期應該約爲幾百萬年。

分光雙星是雙星的一種特殊類型，這種雙星並不能用現代的光學儀器直接看出兩個子星，我們是根據這種星光譜線的周期性變化——周期性位移或一條譜線周期性的變雙的現象才推斷它們是雙星的。當分光雙星的兩個子星亮度相等並且屬於同一光譜型時，譜線周期性地變雙和合一的現象就特別顯著。但是如果只可見一個子星的譜線，則這些譜線是周期性的在某一平均位置附近來回移動着的。所有這一切現象都可用都普勒-別洛波耳斯基原理（224 頁）來解釋：分光雙星譜線的移動和一條變成兩條的現象都是因爲兩個子星圍繞公共質量中心運動而引起的。

量出了譜線的位移，就可以測定視線速度和了解視線速度隨着時間的變化。因爲這些變化是周期性的，我們就可以畫出**視線速度曲線**。分析了這種曲線，便可以測定分光雙星的軌道根數：周期 P，過近星點時期 T_0，近星點經度 ω，軌道偏心率 e；但我們不能分別地求得軌道傾角 i 和半長徑 a，根據光譜觀測只能求得 $a \sin i$ 乘積的數值。關於分光雙星視線速度曲線的特徵和軌道形狀及位置的關係，我們可以從圖 53 得出一些概念。

在 1500 個已知的分光雙星中已算出軌道的有 500 個。

第一個分光雙星是在 1889 年被發現的，這就是闓陽或北斗六（大熊座 ζ）。迄今已發現的分光雙星中周期有短到 4.7 小時的（大熊

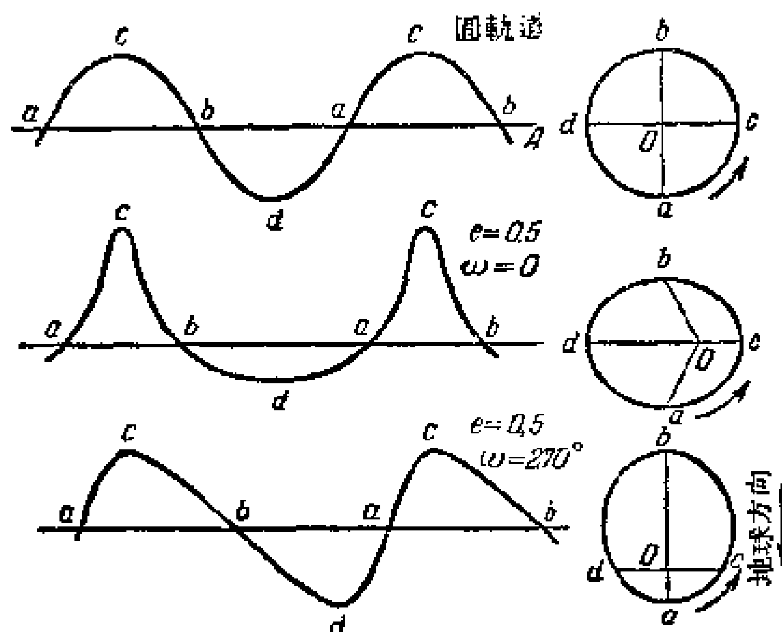


圖 53. 各種不同情形的分光雙星視線速度曲線

座 UX)，也有長到 60 年的（目視雙星大熊座 ξ，這星的軌道是根據光譜觀測測定的）。

有的雙星軌道面方向很接近觀測者的視線方向，在這種特殊情況下，雙星的一個子星會在一定的時期掩住另外一個星而發生星食的現象，我們就把這種星稱為食雙星或食變星。食雙星的公轉周期也是有極短和極長的：從 0.197 天即 4 小時 43 分（大熊座 UX，這星同時也是分光雙星）到 57 年（波江座 BM）*。

食變星因食所發生的亮度減弱的程度和相對時間長度（佔公轉周期的分數）是和兩個組成星的大小、相互距離、亮度的差值和軌道面的傾角有關的。

現在天文學家對於食變星亮度變化曲線的理論已經研究得十分詳盡了，即使沒有和亮度觀測同時進行的光譜觀測材料，也能夠只根據亮度變化曲線的分析求得軌道根數和兩個組成星大小的比率。可是如果同時也進行光譜觀測和研究，我們就可以得出組成星的大

* 半人馬座 V644 可能是已知周期最長的食變星——因為單是這星的食期就長達17年。我們推測它的公轉周期至少有 65 年，最可能的數字是大約 200 年。

小和質量，以及軌道的真實大小（例如以公里計的大小），就可以把子星和太陽相比較，把它們的軌道和地球的軌道相比較。圖 54 就是一個食變星的亮度變化曲線和這雙星系統的示意圖。

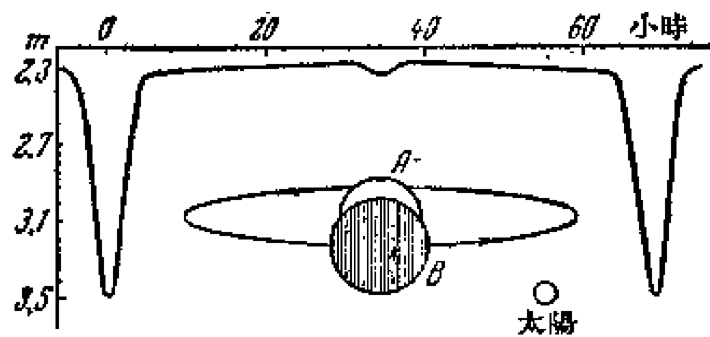


圖 54. 大陵五（英仙座 β）的亮度變化曲線和雙星系統圖

還應該提到近年來所發現的暗伴星。這種暗伴星和另外的恆星組成物理系統，對後者發生一定的影響，才使我們發現了它們的存在。由於暗伴星體積非常小（因此光非常暗弱）和太靠近它們各自的主星，我們還不能看到它們，也不能拍攝它們的光譜。但是雖然我們不能直接觀測暗伴星，暗伴星的存在和兩星繞公共質量中心的運動使主星的位置作周期性的移動，這種移動雖然極微小，卻是完全可以量得出的。暗伴星的質量也非常小，只有 0.002 至 0.2 太陽質量。既然質量那麼小，這種暗伴星非常可能是本身不發光的，與其說像恆星倒不如說像行星更來得恰當。到 1953 年初，天文學家已在 17 個恆星的周圍發現有暗伴星存在。

最近幾年來普耳科沃的天文學家 A. H. 傑契（Дейч）詳盡地研究了久已爲人所知的目視雙星天鵝座 61 號的暗伴星的運動。這個暗伴星是沿着一個很長的橢圓軌道（$e=0.8$）繞天鵝座 61 A 運動的，軌道半長徑爲 3 天文單位，公轉周期約是 5 年，伴星的質量只有太陽質量的 0.024。

也許在有的情形中，一個恆星附近並不是只有一個暗伴星，而是有一整個行星系統存在着。Б. В. 庫卡金指出，如果我們從最近的恆星觀測太陽，測出太陽在星間的精確位置，就可能會發現太陽的位置

以 59 年爲周期（這周期是木星和土星公轉周期的最小公倍數）在來回移動，振幅是 0″.02。根據這種情况，觀測者也許就會猜想到太陽附近有一個以 59 年爲周期、沿橢圓軌道運動的伴星存在，它的質量是太陽質量的千分之幾。

現在已發現的小質量暗伴星全是主星序恆星的伴星，這事實在闡明行星系統起源問題上是有重大意義的。

有些密近雙星（在食雙星中）周圍有一個旋轉着的氣體環，把主星或主星和伴星都包圍起來。

在所有的雙星中大約 1/3 是三合星。還有四合星甚至六合星，並且其中大多數都是組成物理系統的。這種聚星系的成員可能包含各種不同光譜型和各種不同本身光度的恆星，也可能包含各種不同類型的雙星系。此外，包含星數較多的聚星系往往就是疏散星團（見 126 頁）的核心。

恆星的質量 應用克普勒第三定律的完整形式（見 211 頁）於目視雙星的伴星的運動，可以求出此二星質量之和：

$$\frac{(\mathfrak{M}_1+\mathfrak{M}_2)P^2}{(\mathfrak{M}_\odot+\mathfrak{M}_\delta)T^2}=\frac{A^3}{a^3}, \tag{13}$$

其中 P 爲伴星繞主星旋轉的周期，A 爲伴星軌道的半長徑，T 爲恆星年，而 a 爲地球軌道的半長徑。如果略去較太陽質量爲甚小的地球質量 $\mathfrak{M}_\delta$，而將雙星旋轉周期以年爲單位，A 以天文單位爲單位而恆星的質量以太陽質量爲單位表出，則可寫成：

$$\mathfrak{M}_1+\mathfrak{M}_2=\frac{A^3}{P^2}. \tag{14}$$

由雙星觀測的分析所得的軌道半長徑 a'' 是以弧秒表出的角度。爲了把它换算成天文單位，需要知道恆星的視差 π''。那麼 $A=a''/\pi''$，而最後求得

$$\mathfrak{M}_1+\mathfrak{M}_2=\frac{(a'')^3}{(\pi'')^3P^2}. \tag{14'}$$

如果由觀測可以求出雙星中二星對於它們質量中心的軌道，則

因在任何時刻此二星至它們質量中心的距離與它們的質量成反比：

$$\frac{r_1''}{r_2''}=\frac{\mathfrak{M}_2}{\mathfrak{M}_1}. \tag{15}$$

由上式和前式，我們就可求得每一個星的質量。

恆星質量的最可靠的數據是由研究目視雙星、分光雙星和食雙星得來的。單獨的恆星質量的測定則是根據一條恆星質量和光度的統計關係，這關係是由比較許多雙星的質量和光度求得的，並且已爲現代恆星內部構造的理論所確認：恆星的光度大致與它的質量的立方成比例。這一關係可用公式表出如下：

$$\mathfrak{M}=L_{бол}^{0.3}, \tag{16}$$

或

$$\log \mathfrak{M}=0.590-0.1194\,M_{бол}{}^*, \tag{17}$$

或

$$\log \mathfrak{M}=0.577-0.1511\,M+0.0101\,M^2-0.00045\,M^3, \tag{17'}$$

其中 M 爲恆星目視絕對星等。"質光關係"見圖 55。推廣這一關係到單獨的恆星，可以在知道它們的光度之後求得它們的質量。需要說明，小而暗的，但却很熱的白矮星並不滿足"質光關係"。它們的質量比根據質光關係從它們的光度所推出的數值大得多。它們是特殊的，到現在還沒有完全了解的恆星**，密度極大（它們的密度比水大數十萬倍）。亞矮星和亞巨星也不遵循"質光關係"。很可能，在"光譜-光度圖"上不同序列的恆星遵循着幾種不同的"質光關係"。

O 型星是質量最大的，它們的質量數百倍於太陽質量。另一方面，也有一些恆星，它們的質量爲太陽的 10—20 分之一。

根據理論，恆星質量的下限爲太陽的 20 分之一。質量更小的天體具有行星的性質。所以最"重"的和最"輕"的恆星質量之比大約

---

* $M_{бол}$——熱絕對星等。它是由視星等根據 (7) 式設想地球大氣並不吸光，而眼睛對於恆星的一切輻射，不是僅對於光譜的某一部分都同樣敏感而求得的。所以熱光度 $L_{бол}$ 代表恆星全部輻射。目視星等改變爲熱星等 $m_{бол}$ 要加熱星等改正，改正值的大小與恆星表面的溫度和密度有關。

** 到現在已經發現了 250 個左右的白矮星。

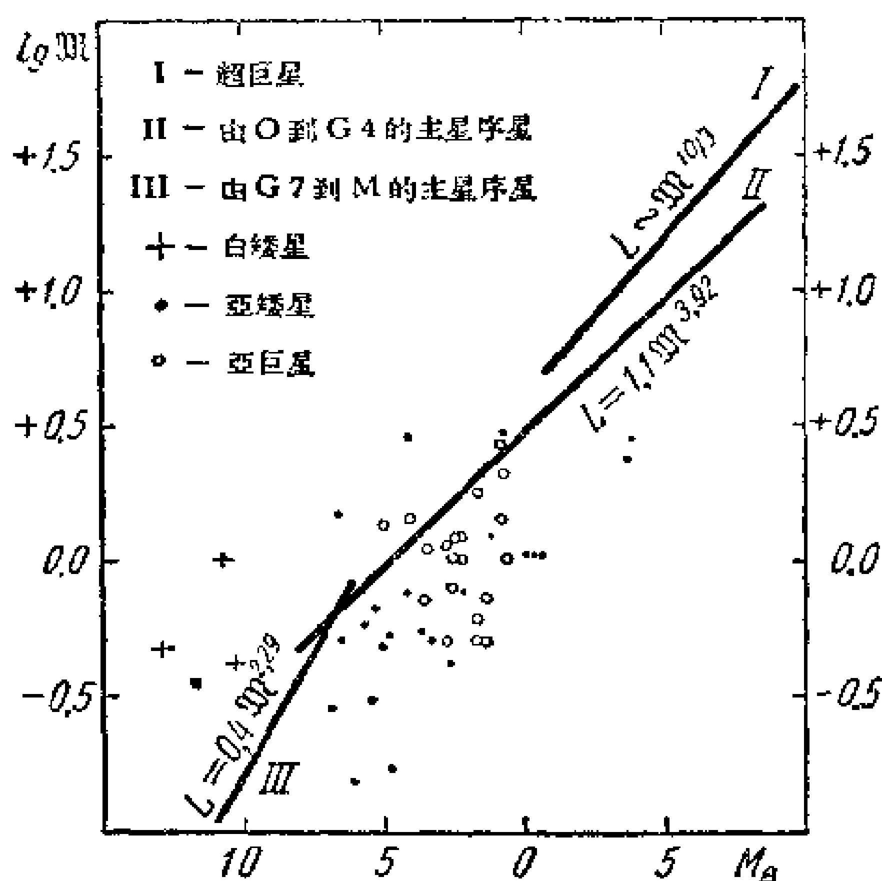


圖 55. 恆星的質光關係

爲 6000:1。恆星的總平均質量等於 0.41 太陽質量。

考慮到晚期光譜型恆星有巨星(g)和矮星(d)的基本區別和"質光關係",可以編出一個它們的光譜型和平均質量的關係表。

表 18 不同光譜型的恆星質量

光譜型	質量	光譜型	質量	光譜型	質量
B0	16	gG0	3.2	dG0	1.25
B5	7	gG5	3.7	dG5	1.07
A0	4	gK0	3.9	dK0	0.85
A5	2.2	gK5	5.2	dK5	0.65
F0	1.8	gM0	5.7	dM0	0.52
F5	1.5	gM5	9.2	dM5	0.38

恆星的密度　恆星的平均密度可以將其質量除以體積而得。例如，這樣求出太陽的平均密度爲 1.4 克/厘米^3。因爲恆星之間質量的差異小於它們大小的差異，所以它們的平均密度的變化範圍非常大。

紅超巨星——如參宿四及食雙星仙王座 VV 的子星——是密度很小的恆星的例子。參宿四的平均密度爲 6×10^{-7} 克/厘米^3（卽在標準大氣壓力下空氣密度的 $^1/_{2000}$）。仙王座 VV 的密度更小：爲 10^{-8} 克/厘米^3，卽標準情況下空氣密度的 $^1/_{120,000}$。另一方面，已知白矮星 A. C. $+70°8247$ 的平均密度爲 36,000,000 克/厘米^3，卽比紅超巨星參宿四的密度大 60 萬億倍。可以想到，在這一個體積不大於火星而質量和太陽差不多的白矮星的中心，密度可達 10 億克/厘米^3！密度爲 400,000 克/厘米^3 的"范馬南星"和 40,000 克/厘米^3 的天狼伴星是別的一些例子，雖然沒有上面的例子那樣驚人。

恆星的磁場　當觀測技術的進步使得人們可以差不多像觀測太陽和太陽黑子光譜那樣細緻地來研究亮星的光譜時，就發現了許多恆星具有磁場。在實驗室情况下已得到詳盡研究的所謂塞曼（Zeeman）效應——光譜線的分裂現象——是磁場影響的結果。有些星的磁場強度比太陽的普遍磁場要強得多(有 35 個星磁場強度超過 1000 高斯)。在許多星中磁場的方向和強度有周期性的變化。例如，HD 125248［卽在亨利·德雷伯（Henry Draper）星表中的第 125248 號星］在 9.89 天內北向的 7000 高斯的磁場變爲南向的 6200 高斯的磁場。我們現在還不能解釋這樣驚人的磁場變化。

恆星的自轉　研究了恆星的光譜，我們得出下述的結論，卽許多早期光譜型恆星在急速旋轉。在這些星的赤道上，轉動速度達 200 公里/秒。

有些食雙星在交食時刻附近的視線速度曲線上呈現波狀特點，這很容易用被食的星繞軸的自轉來說明（圖 56）。

變星　變星就是亮度在變化着的，有時亮有時暗的星。這是一個非常簡短的，却是相當正確和詳盡的變星定義。到 1953 年 3 月 1

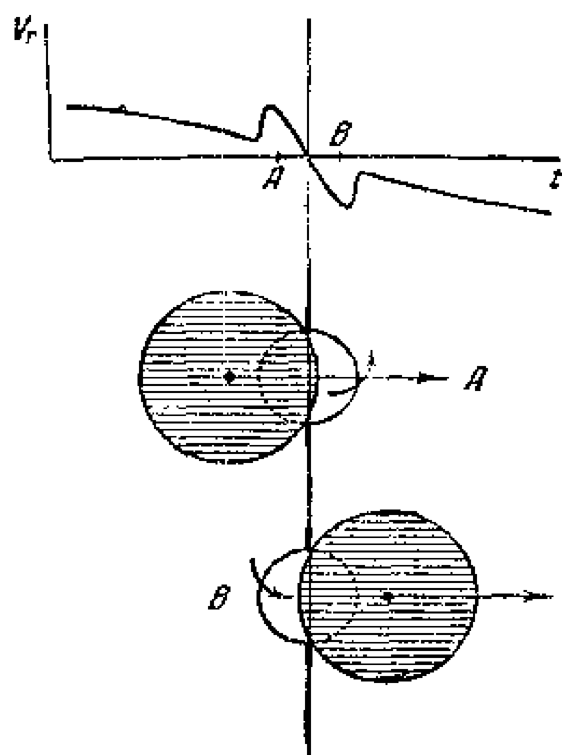


圖 56. 旋轉對於食變星的視線速度曲線的影響

日已有13,199個已發現的變星被規定了變星專名*。

按照變光的特點，變星可以分爲規則變星(或周期變星)、半規則變星、不規則變星、類新星、新星和超新星。

在周期變星中又可根據它們變光曲線形狀的差異分成食變星和造父變星。但是這純粹表面的特點並不能作爲現代變星分類的基礎。基本的是現象的物理本質。一切食變星都歸於光學變星的一羣中；食變星的變光是因爲兩個恆星在繞着它們的公共質量中心運動，而軌道面方向正好很靠近觀測者

* 它們在每一星座中是用拉丁大寫字母由 R 到 Z 來表示的。若不够就用由 RR 到 ZZ 的系列中的順序組合；若再不够就使用由 A 到 Q 的字母（除掉 J）的一切由 AA 到 QZ 的順序的組合。在有些星座中已發現的變星超過 334 個(上述字母順序組合的總數)，此時變星名稱就用字母 V 後面加上由 335 起的數字表示，而在後面加上星座的三字母簡寫符號，例如船底座 S 星，英仙座 RT 星，天鵝座 CE 星，人馬座 V 557 星等等。此外還用臨時性的符號來表示變星，如 СП3，即蘇維埃變星 (советская переменная звезда)，表示一切在蘇聯發現的變星；HV，即哈佛變星 (Harvard variable)，表示在哈佛天文台發現的變星等等。新星有時用字母 N 及號數和星座簡號來表示，例如 N3 Sgr 表示在人馬座的第三個新星。

1948 年出版的蘇聯科學家 Б. В. 庫卡金和 П. П. 巴連那果所編的“變星總表”(Общий каталог переменных звёзд) 包含了 10,912 個變星的材料，此後每年出版的補編中載有新變星的材料。在 1951 年蘇聯科學家們又出版了“被懷疑變光星表”(Каталог звёзд, заподозренных в переменности)，共包含 8134 個星。全世界的變星研究者正廣泛地使用着這些重要的參考材料。

的視線方向，兩星的交食就使觀測者看到食變星在變光。現在已知的這類星的數目大約有 2,000 個。

造父變星則是類別繁多的物理變星中包含星數很多的一類變星。隨着它們亮度的變化，它們的光譜、大小和表面溫度也發生變化，而光度最大時半徑最小，而表面溫度最高。它們在變光周期中直徑的變化為 10%—15%，溫度變化達 100°。造父變星的變光是由於內部引力和輻射壓力不平衡，發生周期性脈動而引起的*。

物理變星可分為下列幾種主要類型：

短周期造父變星（天琴座 RR 型星）和長周期造父變星（仙王座 δ 型星）（圖 57）。

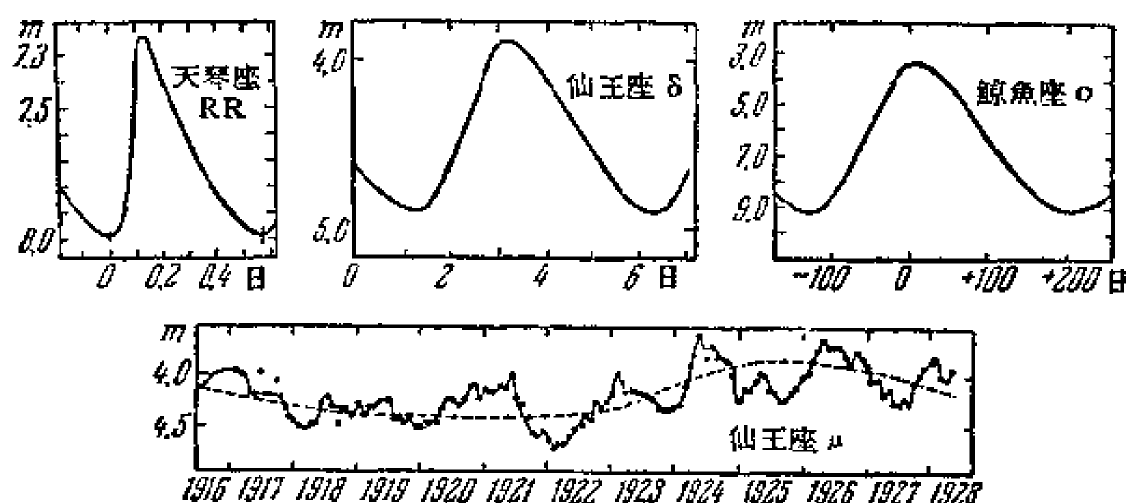


圖 57. 天琴座 RR、仙王座 δ、鯨魚座 o 及仙王座 μ 諸變星的變光曲線

鯨魚座 o 型長周期變星（圖 57）。

金牛座 RV，天鵝座 AF，仙王座 μ 型（圖 57）及其他的半規則及不規則變星。

類新星（雙子座 U 型，北冕座 R 型變星等等）。

新星及超新星。

在我們的星系中現在已知大約有 3000 個造父變星。

---

* 造父變星的脈動概念最早是由莫斯科的物理學家 H. A. 烏莫夫（Умов）教授提出來的。

造父變星的變光特點是亮度快速的增加，和緩慢的下降(圖57)。

造父變星的周期由 0.06 天* 到 60 天[周期在 1 天以內的爲天琴座 RR 型變星(有時稱爲反大陵五型變星)；由 1 天到 60 天的爲長周期造父變星]，變光的範圍在 1 個星等左右，光譜型由 A 到 K，周期愈長、星愈紅。造父變星是絕對星等由 0^m 到 -4^m 的巨星和超巨星，並且周期愈長、光度愈強(圖 58)。這一基本關係使我們可以從周期決定 M，再從(7)式求出距離。這是測定我們星系中較遠部分及其他河外星系的距離的最有力方法之一。

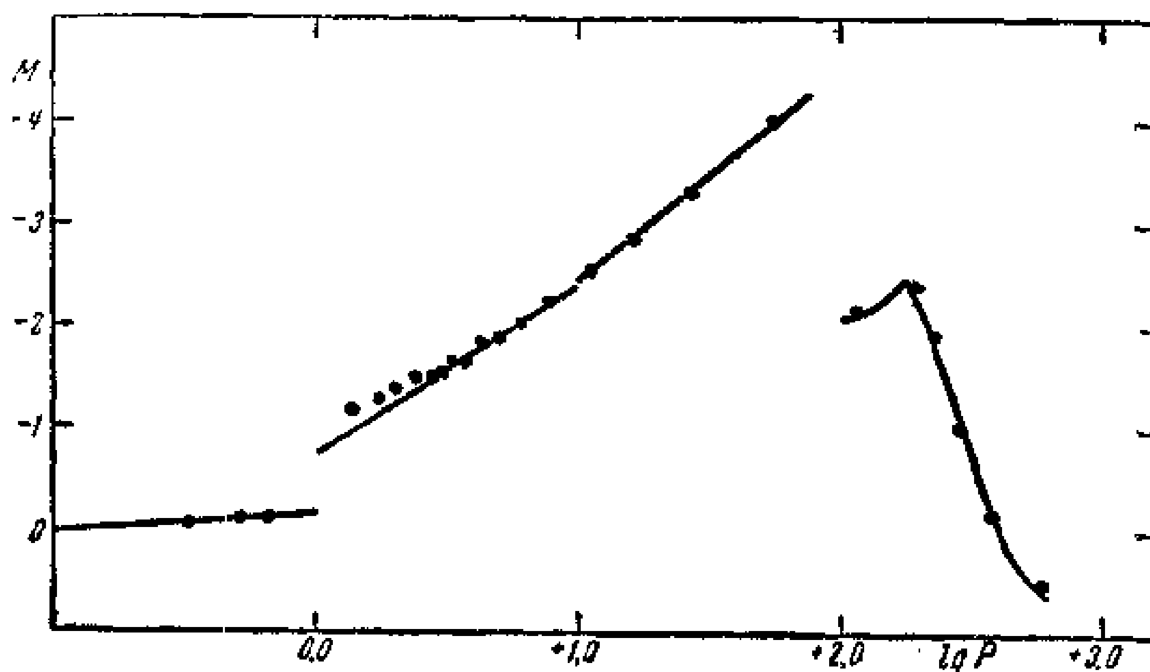


圖 58. 短週期(左)和長周期(中)造父變星和鯨魚座 o 型長周期變星(右)的"周光關係"

造父變星周期愈長，本身光度和質量也愈大：短周期造父變星質量爲太陽質量的 3 倍，長周期造父變星質量爲太陽的 50 倍。它們的平均半徑在 7 倍到 200 倍太陽半徑的範圍之內，周期 P 愈長，半徑也愈大。而有趣的是周期(以天表示)和密度(以太陽密度爲單位) ρ 的平方根的乘積是常數：

$$P\sqrt{\rho}=0.12.$$

* 周期最短的是鳳凰座 SX 星，周期爲 $0^d.05603=80$分。

非常有趣的是少數有雙周期的物理變星，它們的短周期變化上重疊着一長周期的變化。這類變星如盾牌座δ(週期 4時.7 和 5日.25)、蝎虎座 12 號星 (4 時.6 和 7 日.5) 等。隨着它們亮度的變化，視線速度也發生變化，而視線速度曲線也呈雙周期現象。這種情形非常可能是由於恆星的雙重脈動所引起的。

大多數鯨魚座 o 型變星的周期是由 90 天到 700 天* (平均 290 天)。變幅隨周期的增加由 $1^m.5$ 增加到 8^m—10^m (平均亮度變幅爲 5^m)。每一個這類變星的周期、變幅和變光曲線的形狀都有不大的變動。它們的光譜屬於 M、N、R 和 S 型；大多數的光譜中可見氫的明亮發射線；周期愈長光譜型愈晚。和亮度變化的同時，光譜也變化，在亮度最大的時候光譜就變得較爲早型。長周期變星是巨星和超巨星。它們的絕對星等平均近於 -1^m (從 $-3^m.5$ 到 $0^m.0$)，周期愈長的光度愈小，即是說，它們的"周光關係"正和造父變星的相反。雖然到現在我們還沒有對它們變光原因的完全解釋，但是應該可以想到，這些星本身是在脈動，它們大氣的透明度也在變化。已知的這類變星已超過 2500 個。

半規則和不規則的變星 (已知約有 2000 個) 的特點爲變光範圍從 $0^m.5$ 到 2^m，亮度變化非常不規則，晚光譜型，絕對星等由 -1^m 到 -4^m。它們都是巨星或超巨星。它們的亮度變化也和脈動有關。

雙子座 U 型的類新星有短期的光度突亮，平常則處在幾乎不變光的極小亮度 (圖 59)，光度突亮的範圍爲幾個星等。根據 Б. В. 庫卡

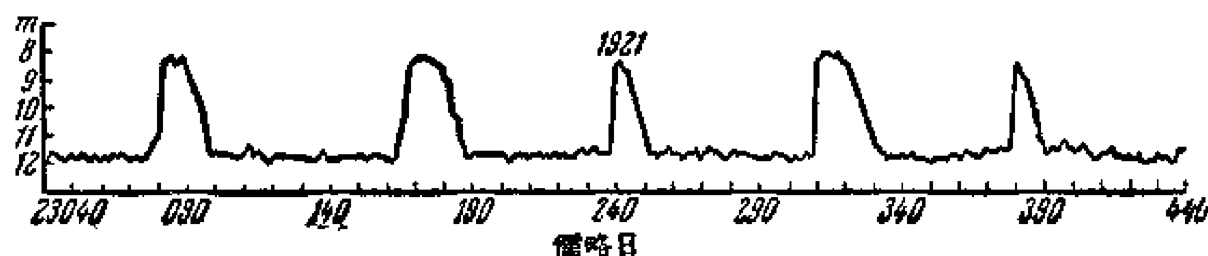


圖 59. 天鵝座 SS 的變化曲線

* 變星 HV 10446 的周期爲 1380 天，是這類變星中最長的。

金和 П. П. 巴連那果的研究，它們突亮得愈頻繁，它們的亮度變幅也愈小。1866年時有一個稱為北冕座T的星突然發亮，如 Б. В. 庫卡金和 П. П.巴連那果所指出，根據它的特點，這星屬於類新星。根據他們所推得的突然變亮的間隔長短和變光範圍的關係，它的周期應約為80年。果然，北冕座T在1946年又突然變亮*，證實了所求得的關係。我們現在已經知道六個這種已發亮兩次或多次的再發新星**。

北冕座R型變星的亮度會突然而非常不規則地大減，同時光譜也變化，而光譜變化的情形和新星相像（見下面）。可以想像，這些星在突變時大氣的不透明度急劇增加，因此我們就看到它們的亮度，不是在增加而是減弱。

新星（每年可觀測到1—2個新星）的特點是在數日之內亮度異常迅速地增加8^m—15^m，平均增加11^m（即25,000倍），而後在數月內緩慢地變暗（這時亮度仍有起伏變化）（見圖60）。它們在極大光度時的絕對星等平均約為-7^m。在極大光度前它們的光譜為早型，在極大光度時突然出現明線，這些明線後來轉變為光譜帶。新星在極大

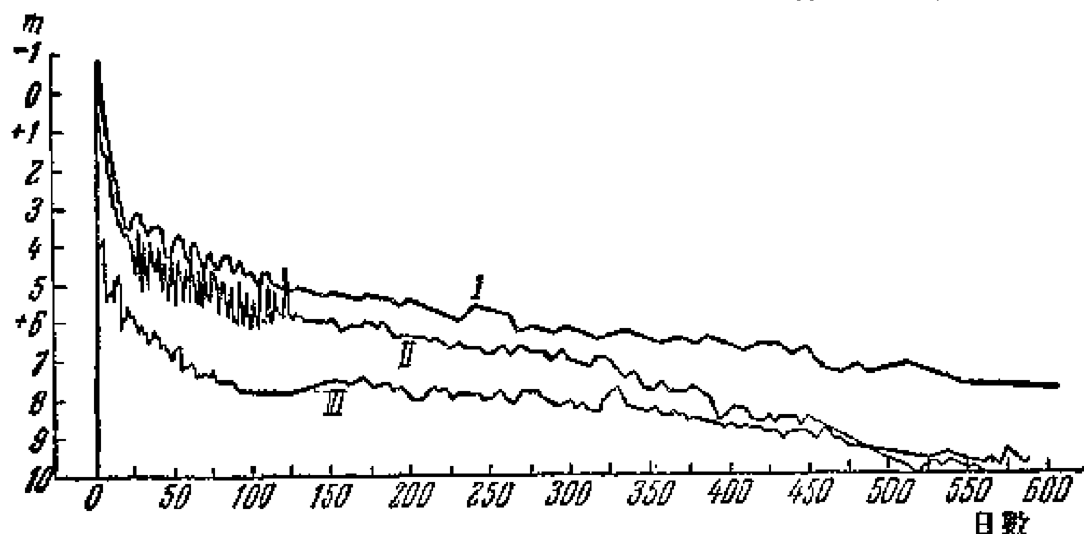


圖 60. 1918年天鷹座新星 (I)，1901年英仙座新星 (II) 和 1912年雙子座新星 (III) 的變光曲線

* 這是蘇聯天文愛好者 A. C. 卡緬楚克 (Каменчук) 首先發現的。

** 即蛇夫座 RS，羅盤座 T，天蠍座 U，北冕座 T，天箭座 N2 和人馬座 N5。

光度時已擴張到爲原來體積的數十萬倍，這時它抛出一層氣體外殼，這外殼逐漸張大而散入空間，此後恆星本身回復到原來的狀態，而在經過幾千年後又會再突然變亮。如果假設新星發亮的原因和再發新星的發亮原因一樣，則蘇聯科學家所得的關係使我們可以估計得普通新星的接連兩次發亮時間間隔約爲五千年。在銀河系中應該大約有一百萬個能像新星那樣突然變亮的星，但我們的太陽並不屬於這類恆星。

超新星在河外星雲中平均約500—600年爆發一次，在極大光度時比太陽的光度大過數千萬倍。超新星在極大時它的光度可和它所在的整個河外星雲的總光度相比擬，就是說它所發的光和這個河外星雲中所有的星所發的光的總和相等。

和新星相似，超新星在極大之後亮度逐步減弱。它的光譜中可見寬的發射帶，這表示它有極巨大的擴張速度(每秒數千公里)。

根據列寧格勒學者 A. И. 列別金斯基和 Л. Э. 古烈維奇的意見，超新星的爆發起源於在恆星內部的，由於原子核反應所產生的原子核能的突發。對普通的新星這種突發變化是在恆星邊緣部分發生的，因而使它抛出一層外殼。

我們銀河系中，1572和1604年有過超新星的爆發。1572年的超新星曾被第谷(Tycho Brahe)所觀測，1604年超新星的發現者則爲克普勒。在1054年爆發的超新星現今還遺留下緩慢擴展着的"蟹狀星雲"，而它的位置正好和一個強無線電輻射源相重合(見148頁)。

不久以前證實，在仙后座($\alpha=23$時21分12秒，$\delta=+58°32'$；1950年坐標)和最強的已知無線電輻射源位置重合的一個暗弱環狀彌漫星雲是一個在公元369年爆發的超新星所產生的。當時的歷史記載完全證實了這個超新星爆發的事實。

10. 銀河系。銀河

包含我們太陽系的恆星系統稱爲銀河系。它是由不同型的恆

星、恆星雲、星團、星協、氣體和塵埃星雲、星際氣體雲、稀疏的宇宙塵和個別的原子組成的。

在無月的晴夜裏，我們可以見到銀河像一條亮帶環繞全天，它的寬度和亮度各處不同，結構很複雜。托勒政首先細緻地描寫了銀河，但一直到望遠鏡發明後伽利略才發現了銀河的眞實性質。在望遠鏡中很明顯可以見到，銀河的連續光輝是由無數遙遠的，連成一條光帶而難以看出個別星點的暗星所組成的。在望遠鏡裏，尤其是在照片上，我們可以淸晰地看出銀河的雲霧狀光帶是由羣星所構成的(圖61)。

對於住在北半球中等緯度的人來說，觀測銀河最好的時光是在七、八、九月的無月的晴夜裏。在我們（指蘇聯）的緯度，不能看見整個銀河，要遠遠走向南方才能見到它的全部。銀河的一部分弧出現在我們的地平線之上，其餘部分則在它之下，和前者連接成一個全圓，而全部銀河所經過的星座如下：麒麟、小犬、獵戶、雙子、金牛、御夫、英仙、鹿豹、仙后、仙女、仙王、蝎虎、天鵝、狐狸、天琴、天箭、天鷹、盾牌、人馬、蛇夫、南冕、天蝎、矩尺、豺狼、南三角、半人馬、圓規、南十字、蒼蠅、船底、船帆和船尾。

銀河中央線是一個大圓，和天球赤道平面傾斜成 62° 的角，並在赤經 18 時 40 分（天鷹座）和 6 時 40 分（麒麟座）處經過赤道*。我們把銀河赤道和天球赤道的相交處（仿照行星及月亮軌道和黃道的相交點）稱爲交點。銀河赤道升交點是在天鷹座，降交點在麒麟座。銀河北極是在后髮座（$\alpha=12$ 時 40 分，$\delta=+28°$）而南極在玉夫座（$\alpha=0$ 時 40 分，$\delta=-28°$）。

銀河沒有明顯的界限；它包含着非常多的明亮恆星雲，其中特別明亮、含星特別多的恆星雲則在它的南部，即在人馬座、天蝎座和盾牌座中——這裏也就是我們的星系即銀河系的中心方向（它的坐標是 $\alpha=262°, \delta=-30°$）。也就是在銀河的這部分，暗雲特別顯著，其

---

* 見 182 頁脚註。



圖61. 在天鵝座α附近銀河區的氣體塵埃星雲 NGC 7000（北美洲星雲）和氣體星雲 IC 5067（鵜鶘星雲）（哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院的高山天體物理觀測台用大彎月形透鏡望遠鏡攝）

中有些竟有"煤袋"之名。銀河中心部分正是被這些暗雲所遮住，所以我們不能見到。如果沒有這些暗雲的話，在這方向的銀河將比現在所見的要亮一千倍。

銀河中有一條暗帶，從天鵝座開開始，經過天鷹座，巨蛇座，人馬座和天蝎座，在有的部分把銀河一分爲二。暗星雲及銀河的暗帶是由能吸收遠處星光的宇宙塵雲所形成的。

這樣，銀河光帶奇異而不規則的形狀是由下列數種原因所引起的：1）在我們銀河系中恆星實際上的雲狀分佈，2）它們向銀河系中心和它的中央平面聚集的普遍傾向（後者卽所謂銀聚度），3）大量宇宙微塵集團的存在，這些塵埃集團形成不同形狀，不同大小，和不同光學厚度卽不同吸光本領的暗星雲。由氣體和宇宙塵埃組成的暗黑物質和稀疏瀰漫物質的集團引起普遍的及選擇性的吸光，其效果爲 1）使恆星亮度減弱，2）使它們變紅或"紅化"。由於上述第一點，在 (7) 式中的視星等 m 沒有考慮吸光，就使得根據這一公式求得的距離，較之實際的爲大。蘇聯天文學家 П. П. 巴連那果研究出了計算星際吸光的理論，並且編出了很方便的決定恆星眞實距離的表。另一方面，"紅化"引起色指數的增加。觀測到的色指數和正常的，卽一個固定光譜型所應有的色指數之差稱爲色餘。恆星的色餘代表着由恆星到觀測者的路途中的吸光。

除了塵埃物質以外在星際空間還有非常稀薄的氣體介質，主要由氫組成，但也含有氦、碳、氧、氮、鈉、鈣原子和 CH，NH，H_2O 分子。

在稀疏的氣體物質外還有個別的氣體集團。銀河系中氣體的平均密度極低，只有 6×10^{-24} 克/厘米^3（在一立方厘米的空間中只有幾個原子），但是它的總質量很大，差不多等於銀河系中全部恆星的質量。

研究銀河本身的構造和不同星等恆星在天空的分佈，使我們搞清楚了銀河系的形狀。它像一個雙凸透鏡或是懷錶（圖 62）。我們的太陽幾乎正好位於銀河系中央平面上而距離銀河系中心約 7200 秒差距或 23,500 光年——銀河系的直徑則約爲 26,000 秒差距＝800

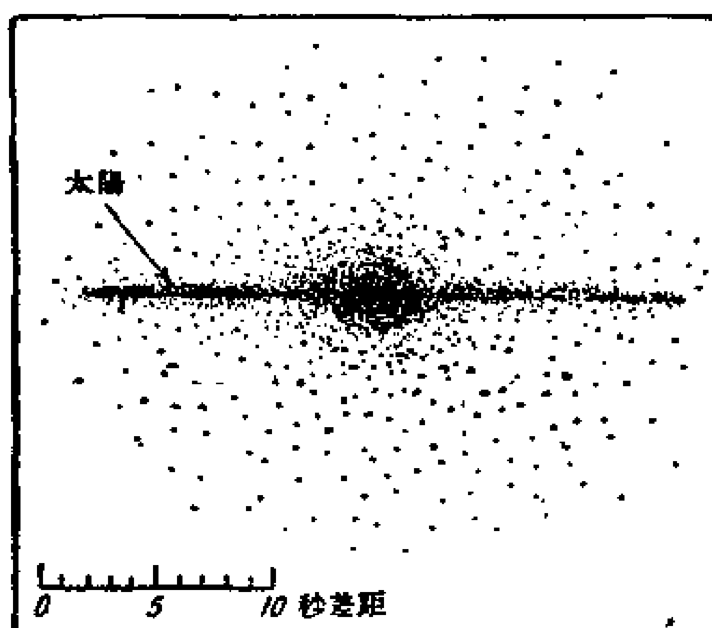


圖 62. 由外面所見的銀河系輪廓
箭頭所指的是太陽的位置，幾乎在銀河系平面上。

$\times 10^{15}$ 公里＝85,000 光年。

近年來的研究工作，包括蘇聯天文學家的工作，使我們發現了銀河系結構的某些特點，清楚地顯示出它和河外旋渦星系的相似性。

克里米亞天體物理觀測台 В. Б. 尼科諾夫，А. А. 卡令涅克和工程師 В. И. 克拉索夫斯基在 1949 年用光電變換器和底片及濾光板首先得到了我們銀河系核心的照片。這種照片是用紅外線(波長 9700Å)露光大約半小時而得的。在照片上清楚可見球狀的銀河系核心（圖 63）。核心的一半和熟知的人馬座明亮恆星雲相重，而另一半在普通的底片上是看不出的，因爲它被暗黑物質雲所遮。核心的角直徑大於 9°，也就是說它的實際直徑至少有 1200 秒差距。

恆星運動的研究指明，我們整個的恆星系統是在繞和銀河系中央平面垂直的軸自轉。但是我們的銀河系並不是像固體那樣轉動的；銀河系中恆星的運動使我們聯想到行星繞太陽的公轉——距自轉中心愈遠，運動愈慢。太陽在它的軌道上以 250 公里/秒的速度繞銀河系中心運動，大約在一億八千萬年中轉一圈。銀河系總質量爲

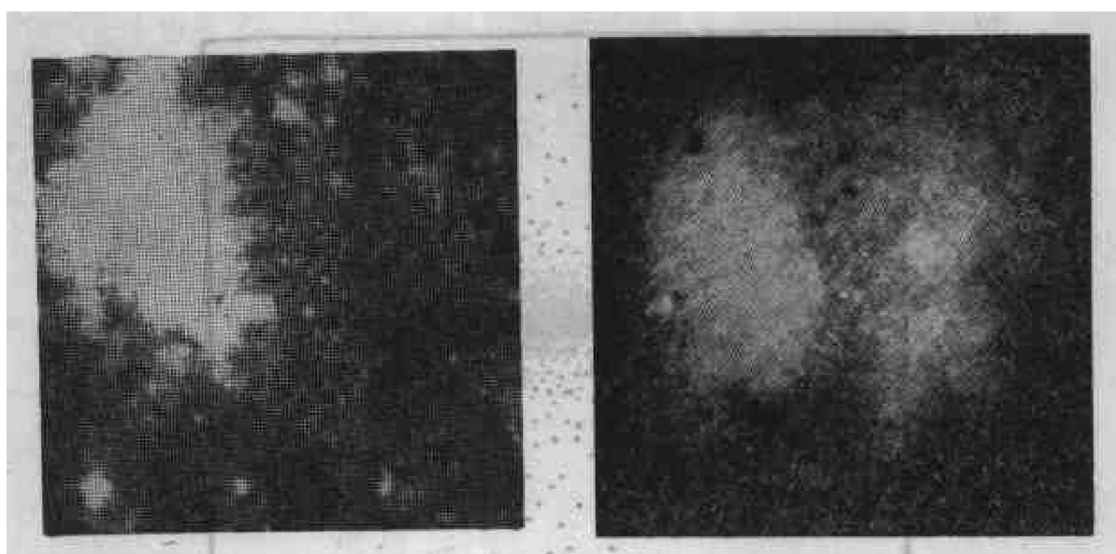


圖 63. 右：B. B. 尼科諾夫，A. A. 卡令涅克及 B. И. 克拉索夫斯基用紅外線所攝的銀河系核心照片。左：同上區域的普通照片。

8×10^{10} 太陽質量，星的總數為 12×10^{10}。

11. 星　團

甚至肉眼就可以看出，在天空的某些處所恆星密集而似乎形成為統一的集團。研究證明，這些集團中的恆星在物理性質上有相互的聯系並且運動方向是一致的（圖 64）*。這些集團稱為疏散星團。

如果已知恆星到匯聚點（奔赴點）的角距離 θ 和星團任一星的視線速度 V_r，我們就可以求出一個移動星團中各恆星的距離（參閱圖 65）：

$$V_t=V_r\tan\theta,$$

另一方面

$$V_t=4.74\frac{\mu}{\pi},$$

所以

$$\pi=\frac{4.74\,\mu}{V_r\tan\theta}.$$

---

* 和流星羣的情形一樣，很多恆星自行方向指向空間一定點。這說明它們空間運動的方向是平行的。根據透視畫法的原理，由觀測者到匯聚點的方向是和這些恆星在空間運動的方向平行的。

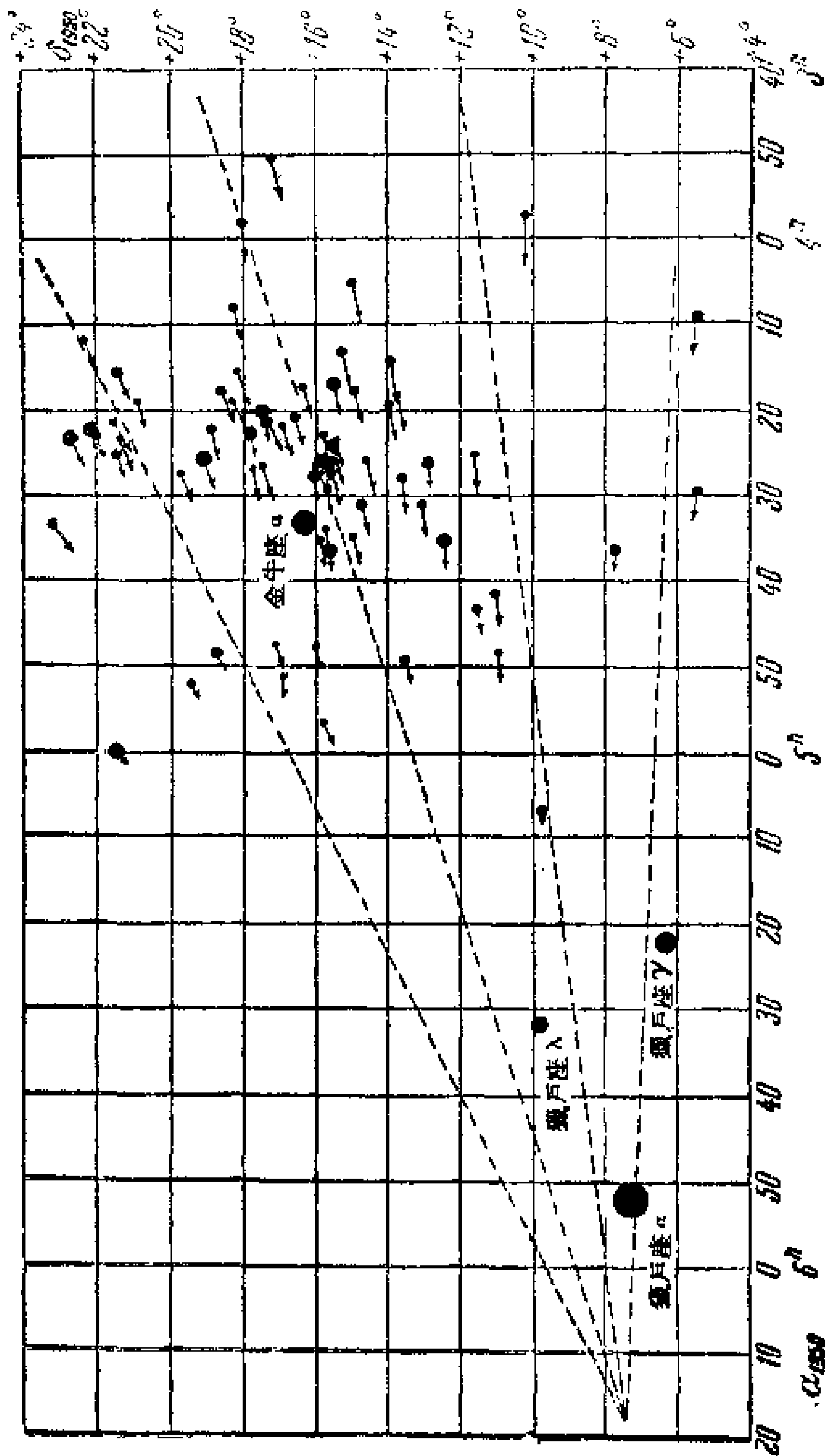


圖 64．在金牛座的移動銀河星團——畢星團（箭頭長度表示 50,000 年之中星團內各個星運動的距離和方向。虛線則決定它們的匯聚點，即移動星團奔赴點的方向。）

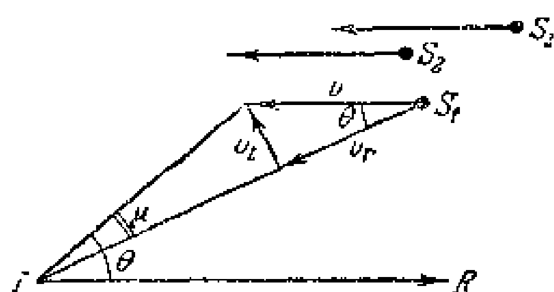


圖 65. 移動星團距離的測定

於是對於這星團中任一星就有

$$\pi=\frac{4.74\,\mu}{V\sin\theta},$$

其中 $V=V_r\sec\theta$ 可以很方便地由描繪草圖求出。疏散星團中最顯著的如：金牛座中的昴星團（圖 66）和畢星團，巨蟹座的蜂巢星團，英仙座 χ 和 h 雙重星團（圖 67），后髮座星團。現在已知約有 500 個疏散星團，其中絕大部分只能在望遠鏡中見到。銀河系中總的估計起來可能有幾萬個這種星團。每一個疏散星團含有數十到數百個星。它們的直徑平均約爲 5 秒差距。在星團中心附近的恆星空間密度我們可以用下面的比喻來體會：如果有一個觀測者在那裏，他就可以看到天上比我們所見的天狼星亮幾十倍的燦爛明星約有 40 個之多！

疏散星團的特點是它們的銀聚度很大，即它們主要分佈在銀河系中央平面附近。疏散星團的成分視各種具體情况而非常不同：有些星團中有 K 型的矮星到巨星，有些星團中則只有矮星和 B 型星。

球狀星團的特點就不同（圖 68）。我們已經知道有 98 個球狀星團，每一個都是由數萬個以不同程度向中心聚集起來的恆星所組成的。大多數的球狀星團含有很多主要是 A—G 光譜型的巨星和超巨星。球狀星團的距離是根據在其中所發現的造父變星來測定的。球狀星團的直徑一般在 40 到 130 秒差距之間，總光度（絕對星等）從 -5^m 到 -10^m。球狀星團之內恆星的空間密度比太陽附近大數千倍*。有的球狀星團位於銀緯很高之處；所有的球狀星團在一起形成一個球狀系統，其中心和銀河系中心是一致的。在銀河系中可能一共大約有 250 個球狀星團。此外，在有些其他恆星系統中也已發現

* 在太陽附近區域中恆星之間的平均距離爲 3 秒差距；恆星的平均空間密度爲每 10 立方秒差距有一個星。



圖 66. 昴星團及其主要星周圍的塵埃星雲(參閱星圖及 403 頁的昴星團參表)(哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院高山天體物理觀測台用彎月形透鏡望遠鏡所攝)

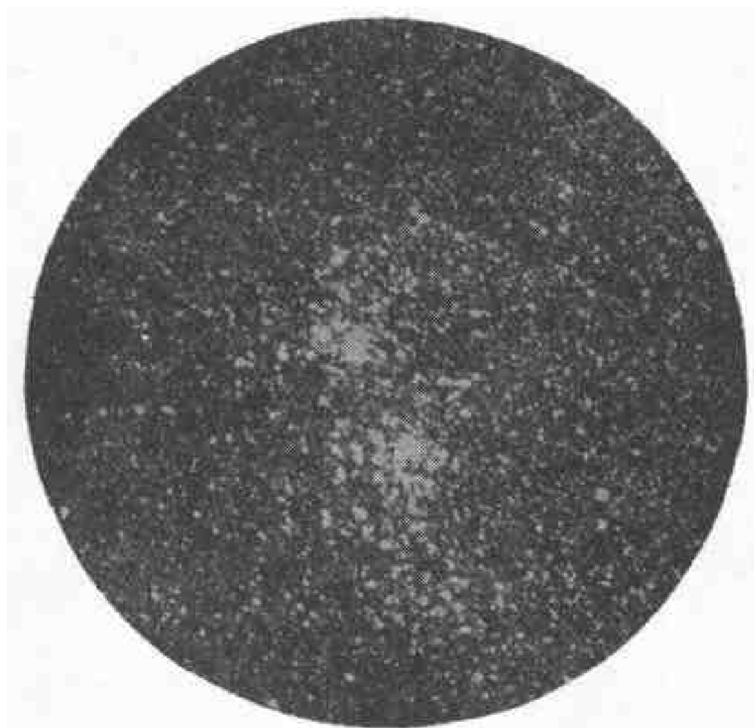


圖 67. 雙重銀河星團英仙座 χ 和 h

了有球狀星團存在*。

在 1947 年，蘇聯科學院通訊院士 B. A. 阿姆巴爾楚米揚（在 1953 年已當選爲蘇聯科學院院士——譯者）發現了一種新的恆星集團——星協。在星協中有比較稀有類型的恆星。有不規則變星的星協，也有由亮和熱的星所組成的星協。因爲星協沒有像普通星團那樣高的密集度，所以很不容易把它們從普遍星野中尋找出來。只有研究了許多恆星的物理的特點後，我們才能够知道它們是一個星協的成員。星協是不穩定的，這是因爲它們的組成星相互引力非常小，而整個恆星系統（銀河系）的引力又使任何恆星集團不斷受到破壞而逐漸崩潰。星協存在的時間最多只有數百萬年——這和我們整個銀河系的年齡相比較起來是非常短暫的時間。這樣，我們就可得出推論，

* 較亮的星團、銀河彌漫星雲和河外星雲是用以下各表之一的號數來表示的：梅西爾（Messier）表號數，如 M 101；居雷葉（Dreyer）的"新總表"（New General Catalogue）號數，如 NGC 224；後者的兩卷補編（原名 Index Catalogue）號數，如 IC 1214。



圖 68. 半人馬座 ω 球狀星團

即星協是有共同起源的恆星的集團，其中恆星產生的時刻只在不久以前。所以非常可能，恆星在現在也還在不斷產生着。

在星協的中心常有聚星和星團。星協的發現指明了一條全新的解决恆星起源問題的道路（見149頁），而打擊了某些西方學者所宣稱的，認爲所有的恆星都是在同一時刻"一下子被創造出來"的非科學的唯心學說。

12. 河內星雲

用肉眼就可見到的仙女座大星雲和獵戶座大星雲是兩種完全不同類型的星雲。像獵戶座大星雲（圖69）那樣的氣體星雲或瀰漫星雲是不規則形狀的星雲；它們也有被稱爲河內星雲，是隕石塵埃和氣體所成的雲片，因爲被它們附近的或裏面的溫度極高、質量很大的明亮恆星所照耀而發光。這種星雲有的有吸收光譜，有的有發射光譜。在後者的情形中不但有星雲反射恆星的光，還有星雲物質被星光所"激發"而發出的光（和螢光的情形相像）。此外，還有一種並沒有恆星照耀而自身發着光的銀河星雲，它們的發光可能是兩個暗黑塵埃雲互相碰撞而穿越的結果。

近年來，Г. А. 沙因院士用強力聚光攝影鏡和只透過氫光譜線 H_α 附近一窄段波長的特殊濾光片發現了前所未知的氫氣星雲。這種星雲用普通的照片是絕對看不見的（見圖70）。除了純爲氫所構成的星雲以外，Г. А. 沙因和 В. Ф. 伽傑在克里米亞天體物理觀測台又發現了新的氣體塵埃星雲。"河內星雲"這一稱呼很不適合，因爲在其他恆星系統——其他的河外星系——中也有着氣體星雲。例如在"大麥哲倫雲"中就有一個巨大的氣體星雲，稱爲劍魚座30或"蜘蛛星雲"，如果把它放到離開我們像獵戶座大星雲那樣近的話，那麼它將佔滿整個獵戶座的範圍，而它的光亮把地上的物體照出明顯的影子來。

行星狀星雲（圖72）是氣體星雲的一種，這名稱並不恰當，所以這樣稱呼不過是因爲它們之中有的在望遠鏡中看起來有點像遙遠行



圖60. 獵戶座的瀰漫星雲：NGC 1977（上方）和 NGC 1982（下方）（下方為北）（用阿拉木圖的大彎月形透鏡望遠鏡所攝）

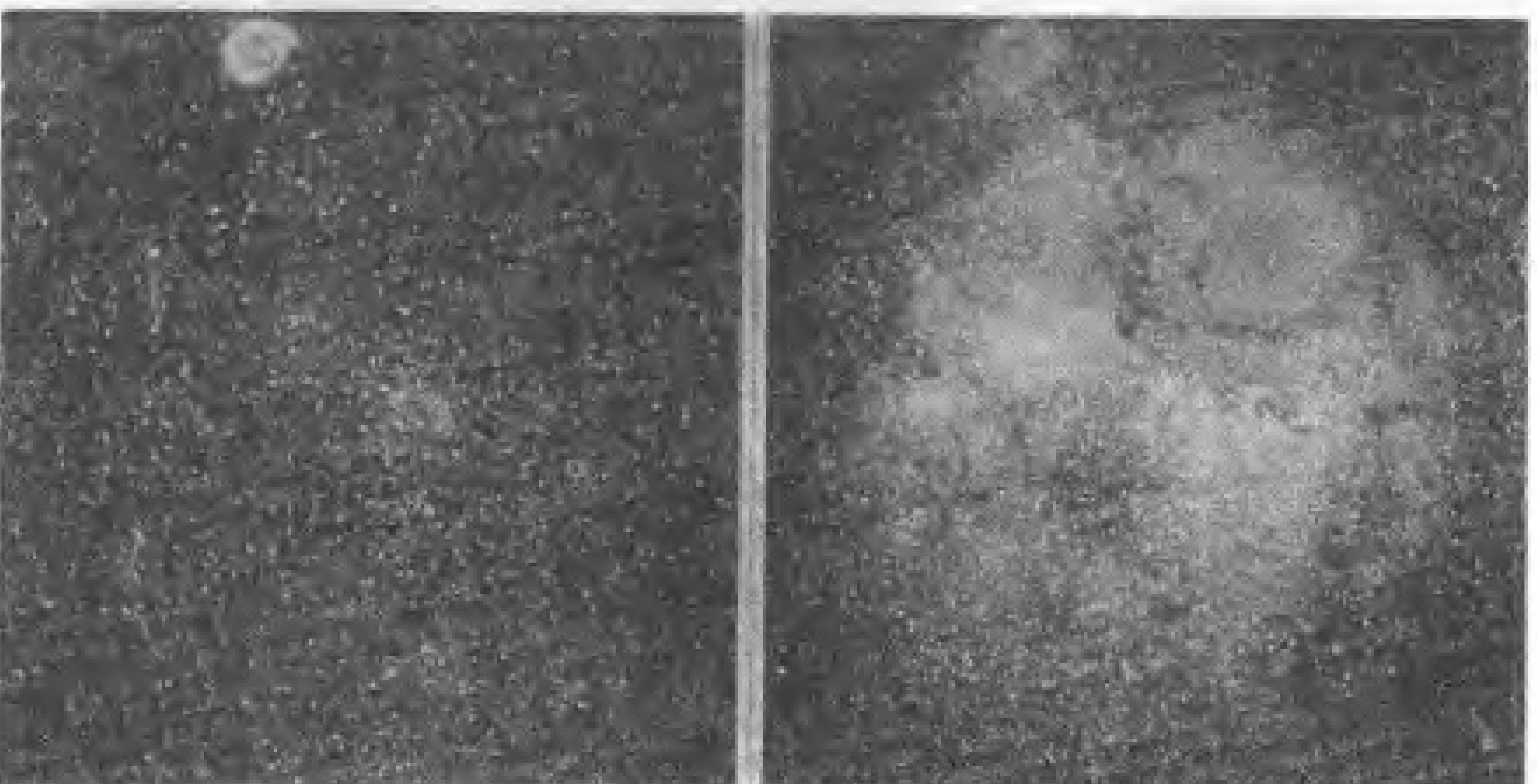


圖 70. 一個氣星雲：右方是用 H_{α} 光譜線所攝，左方是用普通光拍的(Г. A. 沙因院士和 B. Ф. 加捷在蘇聯科學院克里米亞天體物理觀測台所攝)。

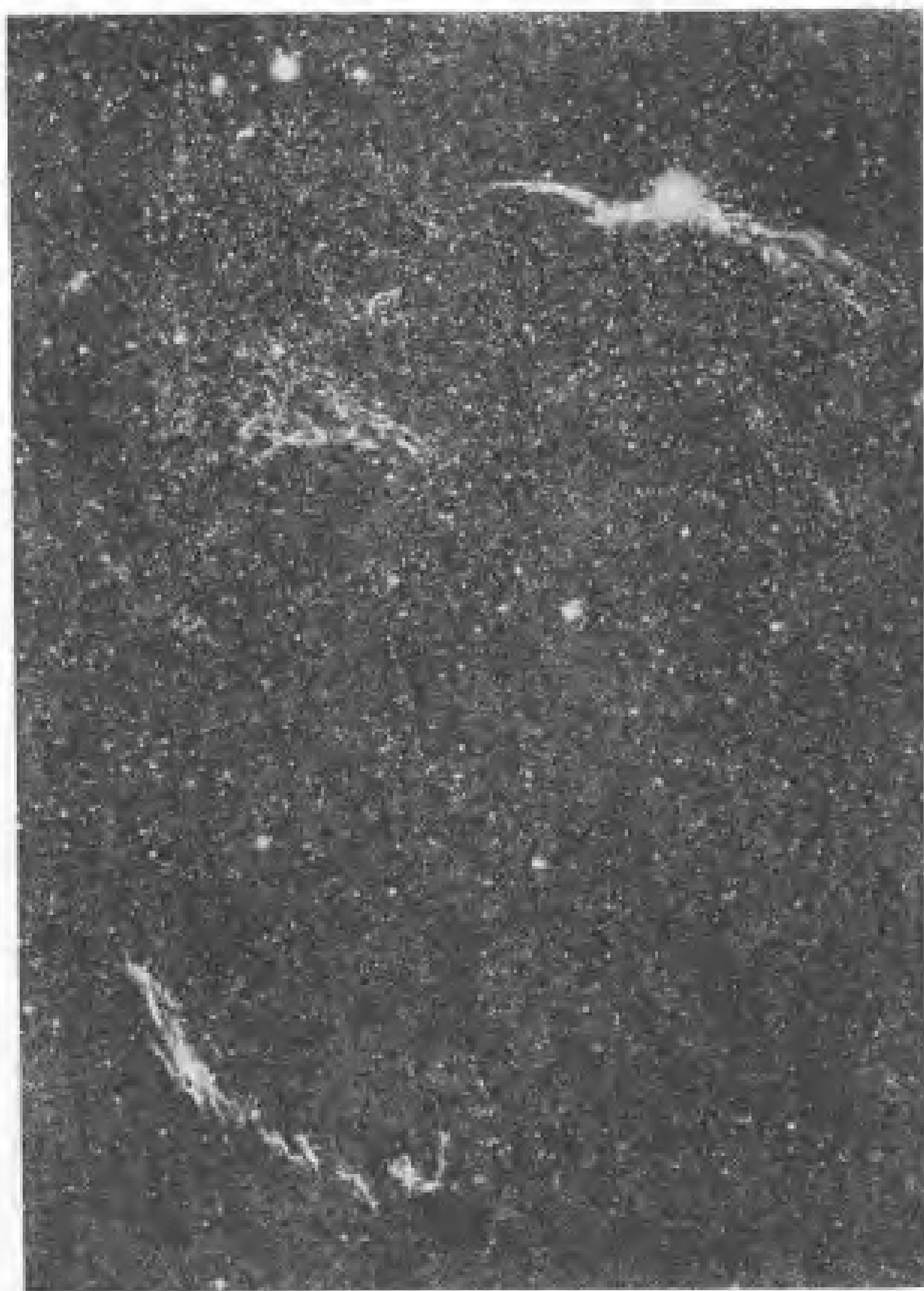


圖71. 天鵝座的纖狀星雲[思格加特([illegible])天文台攝]

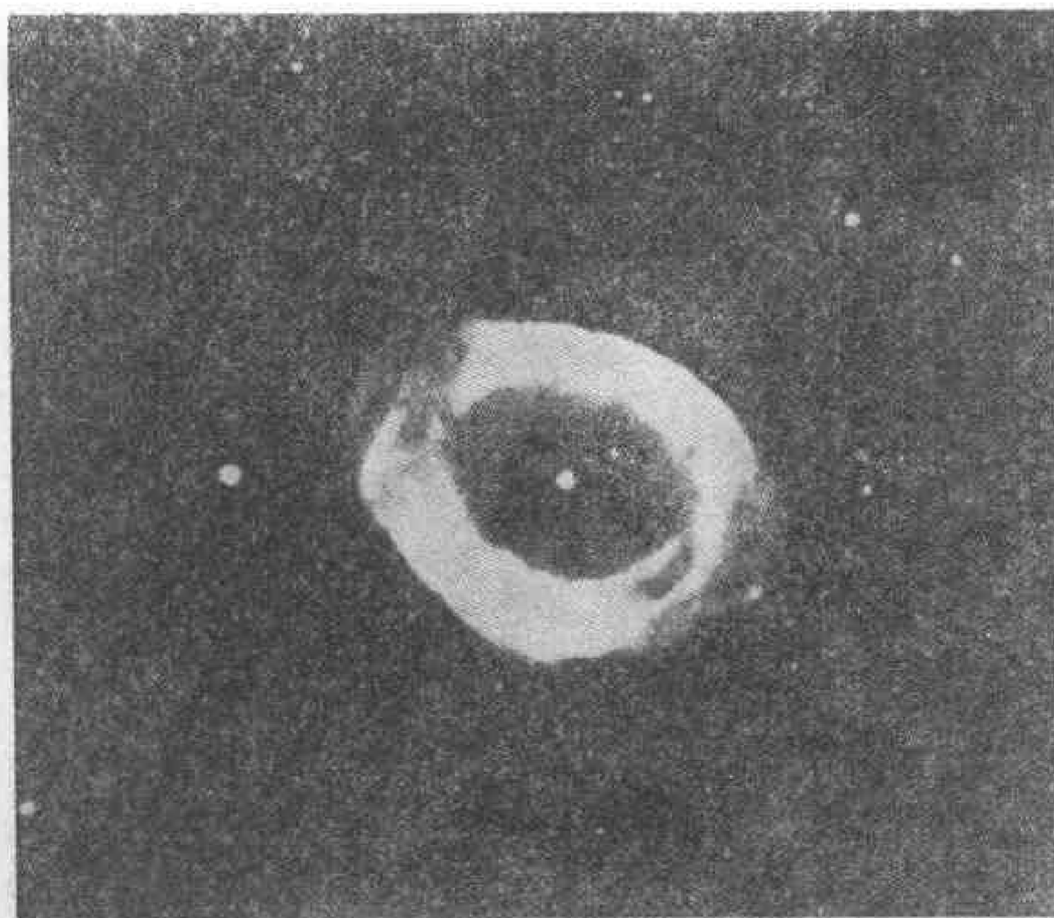


圖 72. 天琴座的行星狀星雲（NGC 6720）

星天王星和海王星的微綠色圓面。它們是非常稀薄的氣殼，因爲受到中央的暗弱而極熱（50,000°—100,000°K）的星的刺激而發光。

這些雲霧狀氣殼非常可能是和新星突然變亮時以巨大速度所拋出的氣殼有關係的。新星氣殼和行星狀星雲的氣殼都向四方擴張，如果氣殼密度不大，那麼我們看起來它們是環形的，因爲我們從遠處看一個球狀的氣殼，它的邊緣被視線所穿透的發光物質較厚，當中被視線所穿透的較薄，就顯得四周亮，當中暗而呈環狀了。行星狀星雲的直徑是從 3000 天文單位到幾光年。我們已知的行星狀星雲大約有 400 個，而它們在銀河系內的總數可能有幾萬。

前面曾提到的**暗星雲**是一種特殊的河內星雲。這種星雲在銀河裏特別多，它們在銀河恆星雲的明亮背景上顯得十分突出。暗星雲



圖 73. 獵戶座ζ附近"馬頭星雲"(黑暗星雲)周圍區域(哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院阿拉木圖高山天文台大彎月形透鏡望遠鏡用紅光所攝)。右下方可見"蜜大利星雲"(黑暗星雲)。

是吸收星光的宇宙塵雲。這種塵埃物質質點的大小約爲 0.1 μ（微米）。宇宙塵雲的平均密度爲 10^{-25}—10^{-24} 克/厘米^3。

近年來在銀河的不同部分，例如在星雲 M 8 附近，在圍繞着疏散星團 NGC 2244 的明亮彌漫星雲中，以及在星雲 NGC 281 内發現了幾十個極小的球狀暗黑物體，稱爲球團。它們的直徑爲 10,000 到 35,000 天文單位，而在 NGC 2244 内的甚至不到 4000 天文單位。有些研究者設想，球團是一種恆星產生的形式，可能在現時恆星正在由它們凝聚形成着（關於恆星的起源，見 149 頁）。

表 LI 和 LII 列出各種類型的可以用天文愛好者不大的望遠鏡觀測到的銀河星雲。

13. 河外星雲（或河外星系）

河外星雲，例如在無月的晴夜用肉眼就可見到的仙女座大星雲，是和我們銀河系同類的恆星系統。有的河外星雲和我們的銀河系十分相像。我們按照外形把河外星雲分爲：1）不規則星雲（3%），2）橢圓星雲（17%），和 3）旋渦星雲（80%），並且橢圓星雲有各種不同的扁平程度，旋渦星雲則有不同的螺旋臂伸張程度*。旋渦星雲的外形隨觀察者的視線與星雲中央對稱平面所成角的大小而不同。有的星雲我們是"從正面"看過去的，有的是"從側面"看過去的（圖 74），但我們對於大多數的星雲則都是斜着看過去的。

現在已經證明，不但旋渦星雲的臂連它們的核、以及橢圓星雲也全是由恆星組成的。

我們發現仙女座（圖 75），三角座（圖 76），獵犬座（圖 77）的旋渦星雲以及不規則星雲麥哲倫雲（圖 78）具有許多我們銀河系所有的特點，例如在它們之内發現了變星和新星，氣體星雲和球狀星團，

---

* 星雲的類型用下列字母表示：I—不規則星雲，E—橢圓星雲，S—旋渦星雲。橢圓星雲的扁度再用由 0 到 7 的數目區別，而旋渦星雲螺旋臂的伸張程度再用 a，b，c 表示（c 表示十分顯著的，幾乎從星雲核心起就可見到的螺旋臂）。

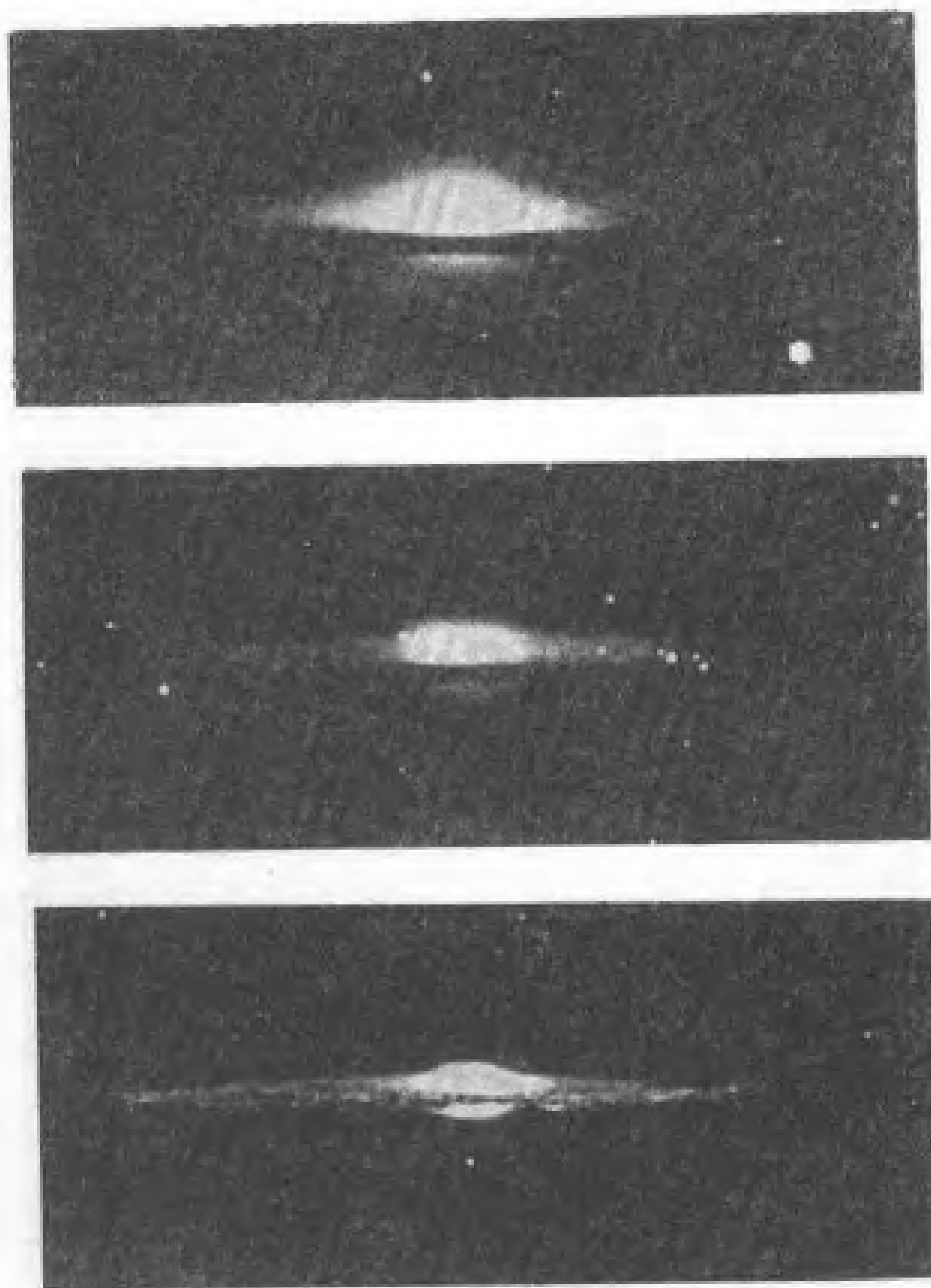


圖 74. 旋渦星雲的側面圖



圖75. 仙女座河外旋渦星雲(M 31)和兩個橢圓伴星雲(哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院阿拉木圖高山天文台大彎月形透鏡望遠鏡用藍光所攝)。中央部分露光過甚；上方爲北。



圖77. 獵犬座星雲(M51)



圖78. 三角座星雲(M33)





圖78. 麥哲倫雲（上圖為小麥哲倫雲，下圖為大麥哲倫雲）

而且在河外星雲中的造父變星和我們銀河系內的造父變星遵循同樣的"周光關係"*。這一方面說明了整個宇宙中自然規律的一致性；另一方面使我們有可能求出有造父變星的河外星雲的驚人距離。

除了我們的銀河系外，至少有四個河外星雲也有自轉運動。

天文學家已測定了幾百個河外星雲的光譜線位移，其中 92% 的星雲的譜線都是向紅端移動，這就是所謂河外星雲光譜的"紅向位移"。如果這種位移是都普勒-別洛波耳斯基效應所引起的，那麼這就意味着河外星雲在向四方飛散；並且星雲愈遠，視線速度愈大。"速距關係"是線性的，卽速度和距離成正比，距離每增加百萬光年，正視線速度就增加 150 公里/秒。現今已發現的最大視線速度是長蛇座中一個河外星雲集團的速度，等於 61,000 公里/秒。雖然我們還不知道紅向位移的眞正原因，但是速距關係畢竟使我們可以相當可靠地根據視線速度來測定遙遠的星雲的距離。我們的唯物主義科學堅決摒棄某些反動學者所提出的，關於河外星雲譜線紅向位移和關於整個宇宙是三十萬萬年前從一個小點創造出來的唯心論斷。

本星雲團或本星系團　根據近幾年來的研究，我們知道最接近我們這恆星系統的若干河外星雲組成一個河外星雲集團，稱爲本星雲團或本星系團。這一集團中離我們最遠的一個星雲離開太陽爲 250,000 秒差距，而本星雲團以外最近的河外星雲就已在 800,000 秒差距之遠了。河外星雲之間的平均距離比起它們本身的平均大小來約大一個數量級（卽 10 倍）。本星雲團有 15 個成員（圖 79）：三個旋渦星雲（包括我們的銀河系），一個橢圓星雲和十一個麥哲倫雲類型的不規則星雲或不規則橢圓星雲。仙女座大星雲和它的兩個伴星雲，三角座旋渦星雲以及在天爐座和玉夫座的河外星系都是本星雲團的成員。表 19 就是本星雲團中各河外星系的主要情況。圖 79 甲表示這些星系在銀河系平面上的投影，圖 79 乙則表示它們在一個和銀河系平面垂直的平面上的投影，在每一個星系附近的數字（也

* 這一關係最早就是從小麥哲倫雲中的造父變星發現的。

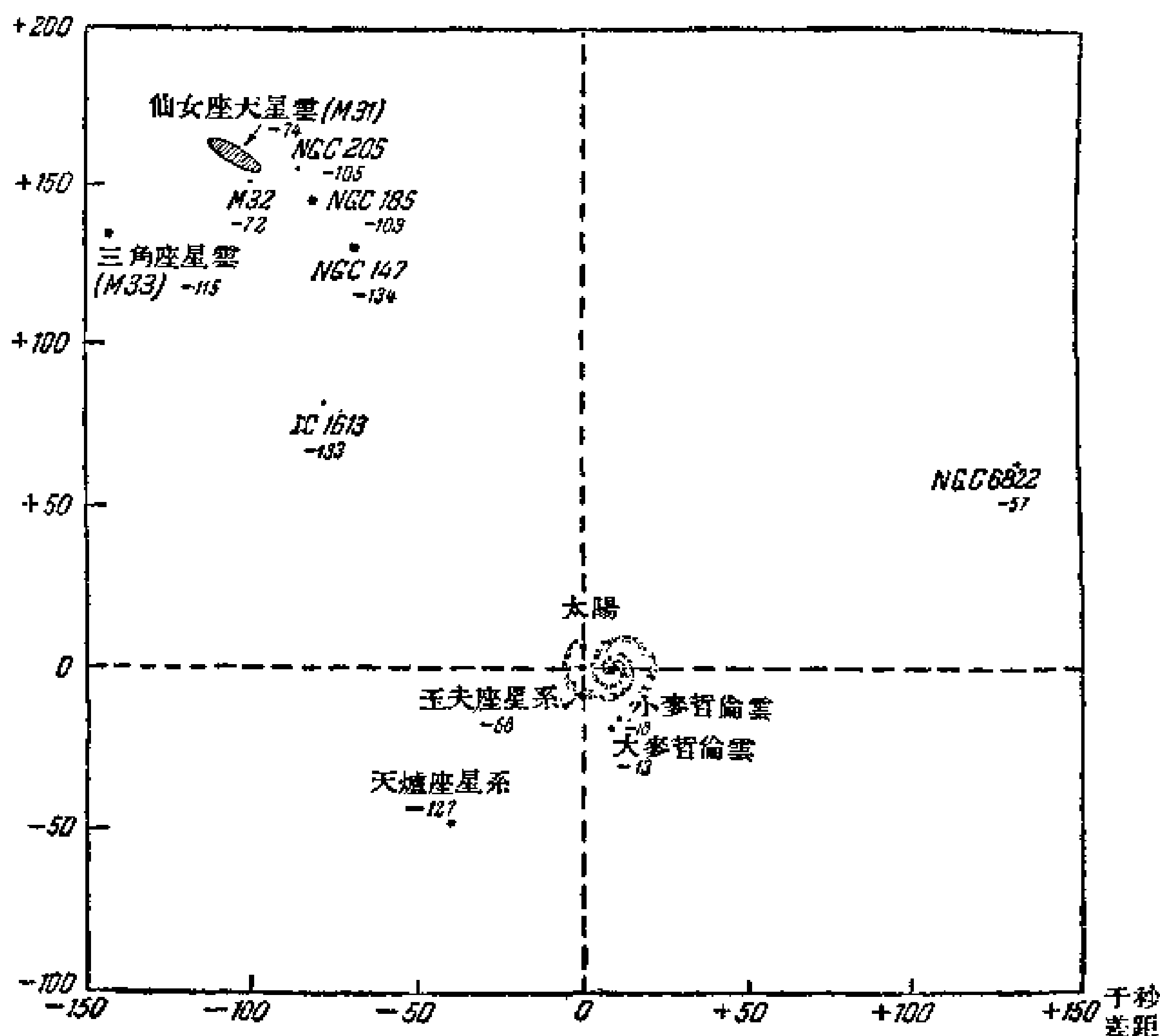


圖 79. 甲）本星雲團或本星系團在銀河系中央平面上的投影圖
坐標軸上的距離以千秒差距計，太陽在坐標原點。

以千秒差距計）表示它們在該投影面之上（正數）或下（負數）的空間位置。圖 79 乙中在銀河系周圍的小點子則是表示最遠的球狀星團。

對於我們周圍的河外星雲，我們的銀河系現在正朝着麒麟座的方向以每秒 210 公里的速度在運動。

現代的望遠鏡使我們能發現(用照相方法)一億個以上的河外星

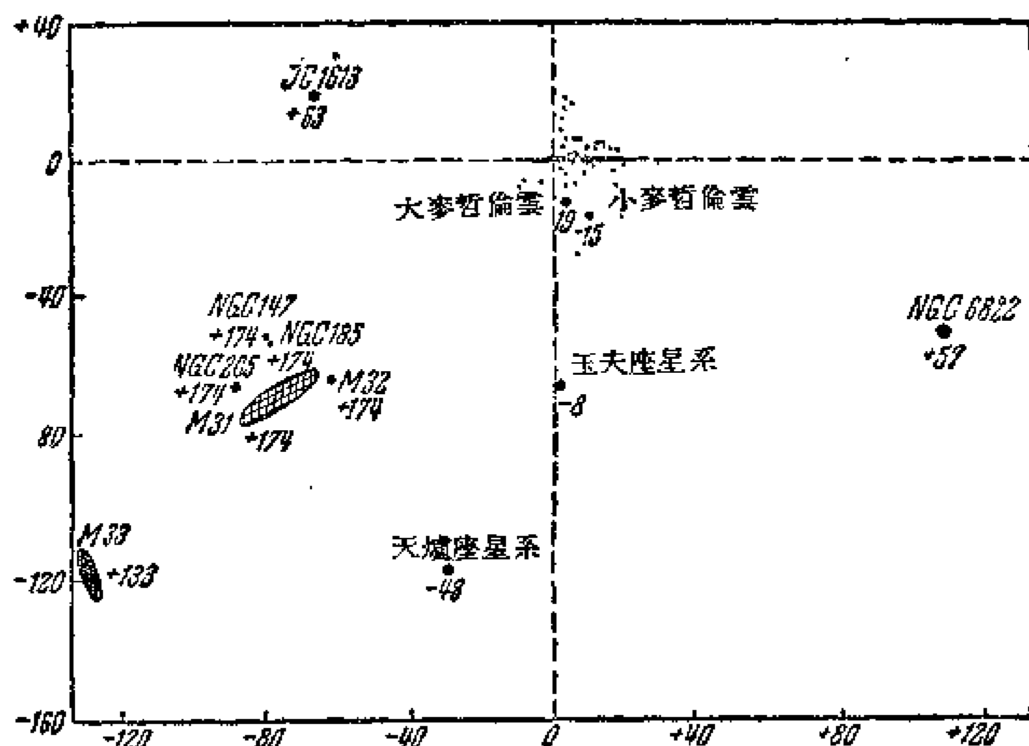


圖 79. 乙) 本星雲團或本星系團在一個通過太陽和銀河系中心而與銀河系中央平面相垂直的平面上的投影圖

坐標軸上的距離以千秒差距計，太陽在坐標原點。

雲。天文學家還發現了河外星雲的集團(見表 20)，它們似乎是宇宙中比河外星雲更高一級的物質系統。圖 80 表示在佔全天面積約 0.1 的範圍中 36,000 個河外星雲的分佈。現在所能照到的最遠的河外星雲離我們有五億光年之遠。現在我們所能觀測到的宇宙的這一部分有時稱爲"總星系"。

但是總星系並不包括整個宇宙。宇宙在空間上是無限的，充塞宇宙的恆星和恆星系統的數量也是無限的。宇宙在時間上也是無限的，它的存在是沒有起始也沒有終結的。變化的只是物質存在的形式。物質是在永遠的循環中運動的，恩格斯曾寫道："……在這個循環中，物質的任何有限的存在方式、無論是太陽或星雲，個別的動物或動物種屬、化學的化合或分解，都同樣是暫時的，並且在這個循環

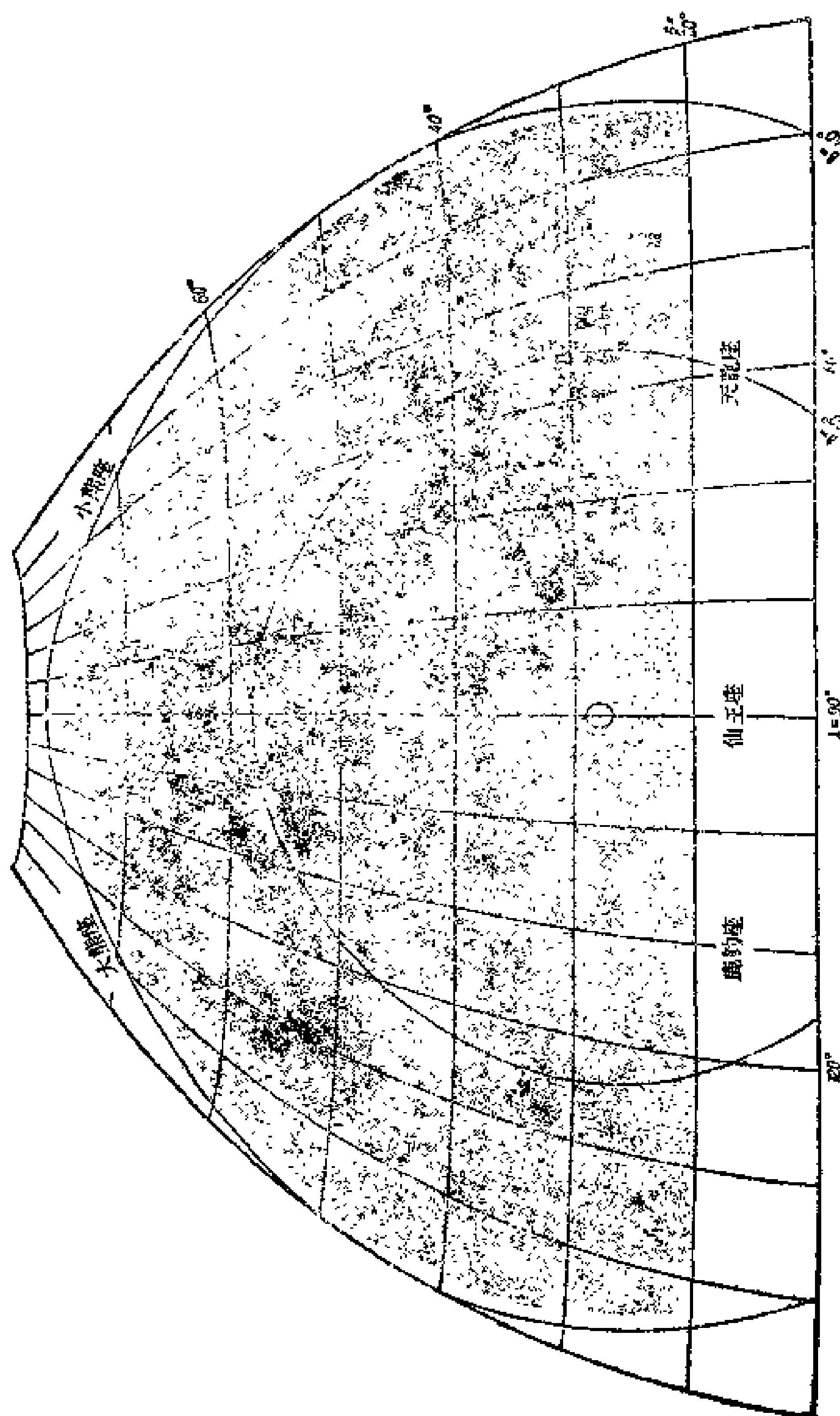


圖 80. 河外星雲的聚集。在 3600 平方度内 80,000 個河外星雲的分佈

表 19　本星雲團或本星系團*

號數	本星系成員	類型	距離(千秒差距)	視總星等	絕對總星等	直徑	
						視直徑	線直徑千秒差距
1	銀河系	Sb	—	—	-18^m	—	26
2	M 31 (仙女座大星雲)	Sb	205**	5^m	−17.9	7°.0	25
3	LMC (大麥哲倫雲)	I	22.2**	0.5	−16.2	12°	4.6
4	M 33 (三角座星雲)	Sc	230	7.8	−15.4	62′	4.3
5	SMC (小麥哲倫雲)	I	25.1**	1.5	−15.5	8°	3.6
6	M 32 (仙女座伴星雲)	E2	197**	9.5	−12.9	5′	0.29
7	天爐座星系	Ep[1]	142	9.0	−11.9	50′	2.1
8	NGC 205 (仙女座伴星雲)	E5p	206**	10.8	−11.6	15′.8	1.1
9	NGC 6822	I	161	11.0	−10.8	20′	0.91
10	IC 1613	I	225	—	−10.8	17′	1.1
11	玉夫座星系	Ep	69	9.0:	−10.6	45′	0.90
12	NGC185(仙女座遠伴星雲)	E	200**	11.8	−10.7	14′.5	0.86
13	NGC147(仙女座遠伴星雲)	E	200**	12.1	−10.4	14′.1	0.83
14	獅子座 α 附近的星系	E4	200:***	—	—	17′	1.0
15	獅子座 δ 附近的星系	E0	200:	—	—	15′	1.0

* 可能屬於本星雲團成員的河外星系：IC 10(Sc?)，IC 342(Sc)，NGC 6946(Sc)。

** 已計入星際空間的吸光作用。

*** 不太可靠的數據。

1) 外形有特徵。

表 20　幾個河外星雲團

星雲團所在的星座	星雲團內的河外星系數目	星雲團視直徑	距離(百萬秒差距)	星雲團直徑(百萬秒差距)
后髮座……………	800	1°.7	16	0.45
室女座……………	500	12.0	2	0.4
英仙座……………	500	2.0	10.5	0.35
大熊座……………	300	0.7	24	0.28
巨蟹座……………	150	1.0	11	0.17
飛馬座……………	100	1.0	8	0.13
巨蟹座……………	70	0.16	24	0.068

中除永恆變化着的、永恆運動着的物質及其運動和變化所依據的規律外，再沒有什麼永久的東西。”（“自然辯證法”，人民出版社 1955 年，第 20 頁）

全部現代天文學就是說明人類智慧在力圖認識我們周圍世界的規律和征服並利用自然界力量中所表現的驚人能力的極生動的標誌。無底的宇宙深淵比起探測它的人類智慧的銳利和創造力來，就不是乍看起來那樣怕人了。A. A. 米哈依洛夫教授說得好：“人的思想只要幾千年功夫，就洞悉了光要幾萬萬年才能到達的地方。”

14. 無線電天文學（或射電天文學）

幾乎是在無線電物理學的發展和利用無線電來通訊的剛一開始，我們就知道了地球電離層（見 27 頁），各層的電學性能對無線電波在地球大氣中的傳播是有影響的。地球大氣電離層反射無線電波，才使我們可以利用長無線電波和遠地通訊。電離層的電學性能隨着太陽活動的狀態而變化着（見 45 頁）。

無線電物理學家研究了電離層的性質，他們發現了天文學上極其重要的現象——在 1931 年發現了銀河的無線電輻射，這是從宇宙空間來的無線電輻射。從那時起，科學家開始用特殊的無線電波收訊裝置——無線電望遠鏡來專門研究天體的無線電輻射。

近年來發現了，銀河系的普遍無線電輻射有兩個組成部分：一個組成部分有顯著的銀聚度（見 124 頁），極大強度在銀河系中心區，並且有一些“光譜”特性（卽無線電輻射強度按波長的分佈特性）。這個組成部分的來源是被附近的熱星所游離的星際氣體雲。銀河系普遍無線電輻射的另一組成部分則並不呈現向銀河系平面集中的趨勢，它是和在星際氣體雲間稀薄介質內的弱磁場中以高速運動的自由電子的能量輻射有關的。

從 1946 年起，又發現了除了上述的銀河系普遍無線電輻射以外，還有 100 個以上的個別強力無線電輻射的來源，這些無線電輻射源的視面積非常小，所以就稱爲“無線電輻射點源”*。根據它們在天

空中的分佈以及其他的材料，我們知道它們之中的大部分是和河外星系有關的，不過有些無線電輻射點源却仍在我們銀河系內，它們的大小有達 20′ 的，我們把它們叫做無線電星雲。後來又發現了，許多強的無線電星雲是銀河系中超新星（見 121 頁）爆發時所拋出氣殼的殘餘物體，例如由於 1054 年金牛座超新星爆發**所產生的蟹狀星雲（圖 81），在 1572 年超新星（所謂第谷星）位置上的無線電星雲，和公元 369 年被觀測達六個月之久的仙后座超新星位置相同的強力無線電星雲等。另一些無線電星雲是被熱星所電離的普通彌漫星雲。和超新星有關的無線電星雲的無線電輻射以及河外星系的無線電輻射也許是由在弱磁場中運動的快速電子的“阻尼輻射”所引起的。彌漫星雲的無線電輻射是組成它的電離氣體的熱輻射。

因超新星爆發所生的星雲的無線電輻射的問題和宇宙射線的來源問題有很密切的關係。蘇聯科學家在無線電天文學上有重要的理論和實驗的貢獻。

15. 恆星的起源

恆星的起源和演化是現代天文學最重要和最有趣的問題。

天體物理學和恆星天文學纍積了許多關於宇宙間各種各樣天體的事實，要對這些事實正確地估價和分析，只有遵循着辯證唯物主義的方法，依靠整個天文學以及與它有關的科學的成就才可能做到。某些西方資本主義國家的學者也曾企圖解決天體演化的問題，可是它們既脫離了觀測事實，又沒有穩固的哲學基礎，其結果是使資產階級的科學陷入了深刻的危機，使他們得出了像恆星從“烏有”產生，銀河系中所有恆星都是同時形成，或所有的河外星系都從一小點同時

---

* 從前曾稱爲“無線電星”，科學家並曾嘗試測定它們的大小、質量、空間密度以及其他的像恆星所具有的特性。

** 古代中國的紀錄也證實這次超新星爆發。



圖81. 彌漫星雲之——"蟹狀星雲"

形成然後再四向擴散之類的非科學的唯心的反動學說。

蘇聯天文學在恆星演化問題的研究上已經取得了顯著的成就。蘇聯天文學家所以能取得這成就的主要原因之一，就是他們研究了正處在演化過程轉折階段的恆星和星系，像變星，新星，光譜中有明線的星，星協（見 130 頁）以及其他不穩定的聚星系統。

蘇聯天體演化學的主要成就是確立了非常重要的事實：銀河系恆星在現在還在產生出來。不穩定星協的存在就是它的證明。

最近幾年來，費森科夫院士和 Д. A. 羅日科夫斯基在哈薩克科學院的高山天體物理觀測台，用新的馬克蘇托夫式望遠鏡（見圖 140），拍攝瀰漫星雲。所得的照片異常清楚，連瀰漫星雲的最微細部分也看得出來，他們從這種照片上發現了其中有正在分裂成許多雲霧狀凝塊的氣體-塵埃物質纖維（圖 83）。他們研究了這種纖維狀物質的穩定性，知道它們產生的時候離開現在最多只有幾萬年。費森科夫認為這些凝塊就是質量很小、光度暗弱的剛開始形成恆星的物質。

把所有已知的關於恆星的材料加以分析，我們已經能够大略地描敍恆星的起源和演化的方式*［至少對於"光譜－光度圖"（95 頁）上主星序的起源和演化我們可以這樣說］。

恆星是數十個、數百個成羣產生的。產生恆星的物質可能是由於瀰漫物質長期凝聚而成的。新生的恆星是很不穩定的，它急速自轉，並從表面猛烈地拋出物質；這時它在"光譜-光度圖"上所佔的位置比主星序的平均線稍為高些，並且年輕的恆星似乎可以有各種不同的光譜型。新生的恆星在這圖上的位置，可能是由產生該恆星的原始物質凝塊的質量所決定的。在大約幾千萬年的相當短時期內，它的光度逐漸降低而轉入"光譜－光度圖"上主星序的位置，變成主星序恆星。在這個轉變時期中，它拋出物質的力量大為減弱，恆星的質量有時也大減，自轉速度變慢。新生恆星變成主星序星後，質

* 更確切些應該說成：恆星產生的一種可能的方式。



圖 82. 在御夫座的纖維狀星雲（在阿拉木圖用大彎月形透鏡望遠鏡所攝）

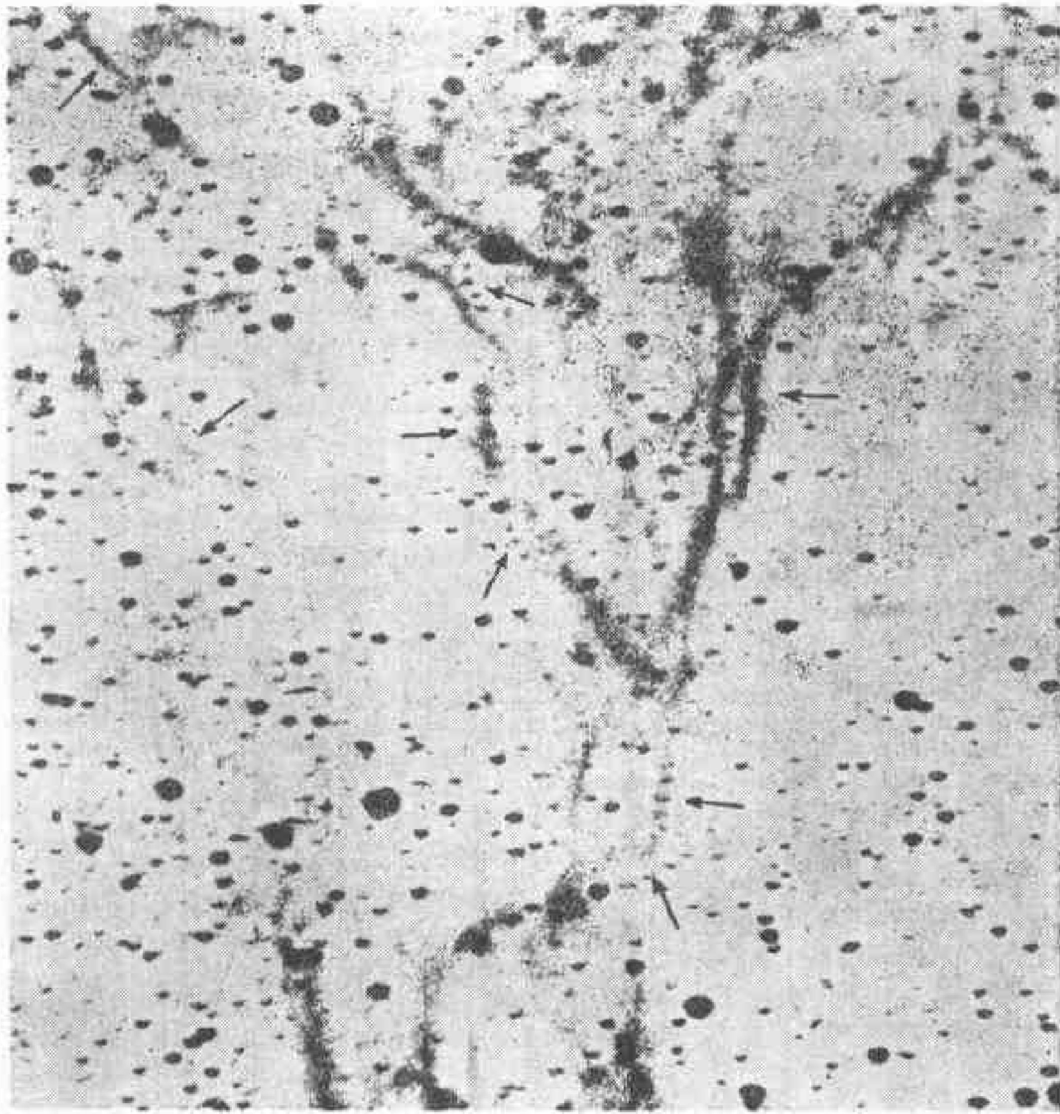


圖 83. 在天鵝座的纖維狀星雲（在阿拉木圖用大彎月形透鏡望遠鏡所攝）

量繼續緩慢地減小，而它在"光譜-光度圖"上的位置沿主星序由上而下移動，不過這移動極慢，要幾十萬萬年甚至幾百萬萬年才能看出顯著的變化。至於主星序恆星再後的變化，現在還很難說；而主星序以外其他星序中恆星的起源問題也還沒有明確的答案。

雙星三合星和聚星（107 頁）之多是我們銀河系的特點。我們可以把那些含有目前還不可見伴星（見 111 頁）的星系也歸入聚星一類，而太陽和它的行星在一起也可以看成是一種特殊的聚星系統。

我們沒有任何根據可以把我們的太陽系認為是特殊的或獨一無二的。無疑的，衆星的產生也應該遵循單獨恆星的產生所遵循的規律。

蘇聯科學院在1952年5月召開了恆星演化問題討論會。會議總結了蘇聯科學家在這方面的成就，並且提出了還待繼續研究的問題。

第　二　章
簡要數學知識

在解决一系列的實用天文問題以及在進行觀測結果的初步整理時，往往需要某些數學和計算技術方面的知識。下面對這些問題加以簡要的敍述。

1．大數目的符號系統

1 以上的數目有各種專用的符號單位。現在中國通用的符號系統見表 21(原書在此處敍述蘇聯所用兩套大數目的符號系統，因爲這對中國讀者沒有實際用處，不需譯出。在此改用爲中國讀者所熟悉的材料——譯者)。用 10 的各次乘方作爲乘數來表示大數目的縮寫符號也很有用。在這個系統中，數目 100 縮寫成 10^2，1000 寫成 10^3，1580 可以寫成 15.8×10^2，也可以寫成 1.58×10^3，等等。

表 21　數目的名稱

縮寫符號	數目名稱
10	十
10^2	百
10^3	千
10^4	萬
10^8	億

2．對　數

對數是一種特殊的數目系統。用對數計算比用常用數目系統要方便得多，這是因爲對數運算把乘除法換成比較簡單的加減法，而把乘方和開方換成乘和除。用詳細的對數表進行計算使繁複的運算大大簡化。

某一數目 a 的對數是等於 a 的以 10 爲底的乘方的指數。因此，1 是 10 的對數，因爲 $10^1=10$；2 是 100 的對數，因爲 $10^2=100$；同樣，

3 是 1000 的對數；簡寫爲：

$$\log 10=1,\ \log 100=2,\ \log 1000=3.$$

從對數表可以查出任何數目的對數（位數視對數表的精確度而定）。例如，由五位對數表可以查出 $\log 20=1.30103$。在用對數計算時應當記住下列的規律：

1) $\log(a\cdot b)=\log a+\log b.$

2) $\log\left(\dfrac{a}{b}\right)=\log a-\log b.$

3) $\log(a^b)=b\log a.$

4) $\log(\sqrt[b]{a})=\dfrac{\log a}{b}.$

5) 1 帶上若干個 0 的數目的對數爲正整數：

$\log 10=1,\ \log 100=2,\ \log 1000=3,\ \log 10000=4$, 等等.

以小數點後若干個 0 和 1 來表示的小數的對數爲負整數：

$$\log 0.1=-1,\ \log 0.01=-2,\ \log 0.001=-3,\text{ 等等}.$$

1 的對數等於零：$\log 1=0$.

6) 以正數爲底，負數沒有對數。但在用負數作爲乘數時，爲計算方便起見，可以按下列方式表示負數的對數：按數目的絕對值查出對數後，在後面寫上字母“n”；例如，$\log(-71)=1.85126\,n$。如果需要加減帶有“n”號的對數，應當記住用這種符號作乘除運算的規則：即是兩個“n”（一般說來是偶數個“n”）結果爲正數，一個“n”（奇數個“n”）爲負數。所以把三個有“n”號的對數和兩個沒有“n”號的對數相加，其和也應該有“n”號。

7) 由 10 到 100 的數目的對數在 1 與 2 之間，用混合小數表示；由100 到 1000 的數目的對數在 2 與 3 之間，等等；小數點後的位數與所用對數表的精確度有關，視問題的需要而定。

對數的整數部分稱爲“定位部”，小數部分稱爲“定値部”；例如，在 $\log 20=1.30103$ 中，數目 1 爲定位部，而 0.30103 爲定値部。

爲了小於 1 的數字計算方便起見，對數的定値部永遠取爲正數，

而把負的定位部加 1。例如，0.2 可以認作 1:5。於是，按規律(2)：

$$\log 0.2=\log 1-\log 5,\ \text{卽}\ 0.00000-0.69897=-0.69897.$$

給定位部加上 -1，而定値部加 $+1$，便得到下列的對數數値：$\bar{1}.30103$，或用另一種表示法，寫成 $0.30103-1$，此處定値部已經變爲正數。有時候對數可寫成下列形式：$\log 0.2=9.30103-10$，在此定位部等於 -9，定値部 0.30103 也是正的，而爲了表示數字小於 1，還應當添上 -10。這種記號系統最常用，數字 -10 常不寫出而應當記住。

在對數加減時，不要忘記對定位部的負 1（或負 10）也要作同樣的運算。爲了便於由一個數目的對數反回來求數目本身，可查反對數表。

要求對數的近似數値，以及作乘法、除法、乘方和開方，可以使用計算尺，這是一種很方便的計算工具，而在許多場合中也具有足够的精確度。

3. 角的量度

兩個方向之間的角度可以用圓心在角的頂點的圓弧來量度。通常把圓周分爲 360 部分*，稱爲度(360°)，每一度分爲 60 分(60′)，每一分分爲 60 秒(60″)。整個圓周通常分成四個象限。由 0° 到 90° 的角度屬於第一象限，由 90° 到 180° 的屬於第二象限，等等。

實際上，在測量角度時用到的不是弧長本身，而是它與整個圓周長度的比値，這個比値決定它的度數。大家都知道，任何圓周的總長度與其直徑的比値（用希臘字母 π 代表）是一個常數：

$$\pi=3.141592653589793\cdots.$$

因此，角度除了用度數表示外，還有所謂的“抽象的量度法”，依這種辦法，任一個角度用與它相應的圓弧的長度除以圓的半徑來表示。用這種“抽象的量度法”整個圓周的角度，卽 360°，等於

* 圓周劃分爲 360° 的辦法來自天文學：在古代已經知道，太陽每天在恆星間移動圓周的 1/360。

$$\frac{2\pi R}{R}=2\pi.$$

180° 的角度用抽象的量度法表示爲數目 π，角度 1° 表示爲 $\frac{2\pi}{360°}=0.0174533\cdots$，大約等於 $\frac{1}{57°.3}$。

57°.3 的角所張的弧長等於半徑。由此產生了弧度這個名稱，因而角度的抽象量度法常稱爲角度的弧度量度法。

於是，看起來所張角爲 1° 的天體的直徑比該天體與我們的距離小 57.3 倍。如果視角爲 1′ 和 1″，天體的直徑就各等於距離的 $\frac{1}{3438}$ 和 $\frac{1}{206265}$。

反過來說，如果要把抽象的角度化成度數需要乘上 57.3，化成分數須乘 3438，化成秒數須乘 206265。

在天文學上非常普遍地採用角度的時間表示法，即用小時、分和秒來表示角度。與這種方法有關的事實是地球自轉的角度與時間成正比。360° 的角度可以表示爲 24時（1時＝15°），1°＝4分，等等。要把角度由一套系統變換成另一套系統，可以用表 XXVIII 和 XXIX。

4. 三角函數

用角度的三角函數可以求出各種三角形的邊長與角度之間的簡便關係，并可以由三角形的已知元素求出未知元素。

直角三角形（圖 84）三邊 a，b 和 c 的下列關係定出 α 角的基本三角函數：

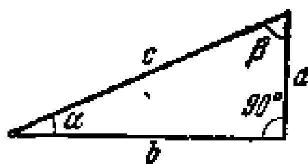


圖 84. 直角三角形

$\frac{a}{c}=\sin\alpha$（正弦）；

$\frac{b}{c}=\cos\alpha$（餘弦）；

$\frac{a}{b}=\tan\alpha$（正切）；

$$\frac{b}{a}=\cot\alpha\ （餘切）；$$

$$\frac{c}{b}=\sec\alpha\ （正割）；$$

$$\frac{c}{a}=\csc\alpha\ （餘割）.$$

把畢達哥拉斯（Pythagoras）定理（這個定理是我國古代數學家商高最早發現的，故應改稱爲商高定理——譯者）應用於這個三角形，便求得 α 角的三角函數之間的第一個關係：

$$a^2+b^2=c^2 \quad 或 \quad \frac{a^2}{c^2}+\frac{b^2}{c^2}=1,$$

即

$$\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1.$$

其他三角函數之間有下列關係：

$$\tan\alpha=\frac{1}{\cot\alpha} \quad 或 \quad \cot\alpha=\frac{1}{\tan\alpha};\ \sec\alpha=\frac{1}{\cos\alpha};\ \csc\alpha=\frac{1}{\sin\alpha}.$$

設想 α 角的變化與 M 點在半徑爲一個長度單位的圓上移動有關（圖 85），在這種情形下 α 角的三角函數可用下列線段表示：

$$\sin\alpha=AM,$$
$$\tan\alpha=BC,$$
$$\sec\alpha=OC,$$
$$\cos\alpha=OA,$$
$$\cot\alpha=DC',$$
$$\csc\alpha=OC'.$$

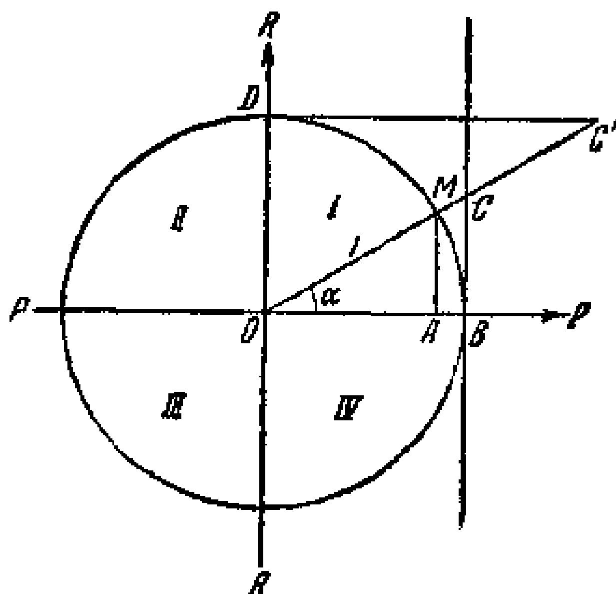


圖 85. α 角的三角函數

對應於 $\sin\alpha$ 和 $\tan\alpha$ 的線段以在 PP 線的上面爲正，下面爲負，而 $\cos\alpha$ 和 $\cot\alpha$ 以在 RR 線的右面爲正，左面

爲負。α 角由 0° 變到 360° 時，M 點依次由第一象限移到第二象限，然後移到第三和第四象限。

三角函數的符號在各個象限的分佈見表 22。三角函數表載第 436 頁(表 LVI)。

表 22 在不同象限中三角函數的符號

象 限	sin α	cos α	tan α	cot α	sec α	csc α
I	+	+	+	+	+	+
II	+	−	−	−	−	+
III	−	−	+	+	−	−
IV	−	+	−	−	+	−

三角函數——正弦、餘弦及其組合——的圖形對許多周期變化的形象描述非常有用。試用圖形來表示函數 $y=a\sin x$，取橫軸代表 x 角(用角度或弧度單位)，縱軸代表 $a\sin x$。於是得到圖 86 中繪出的曲線。把正弦曲線沿橫軸移動 $\frac{\pi}{2}$ 便得到函數 $y=a\cos x$ 的圖形(卽餘弦曲線，在圖 86 中用虛線表示)。

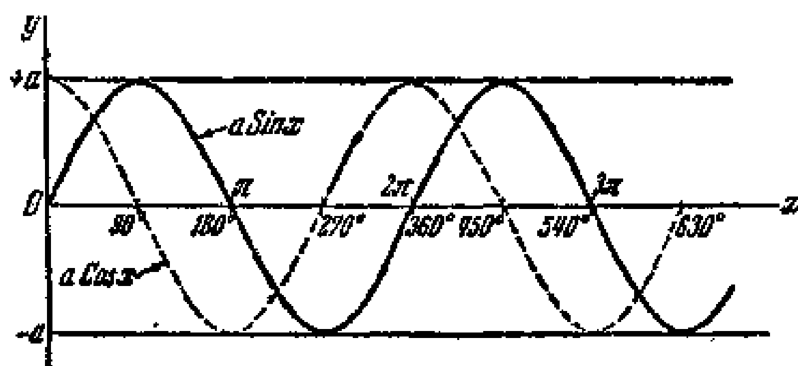


圖 86. 正弦曲線 $a\sin x$ 和餘弦曲線 $a\cos x$

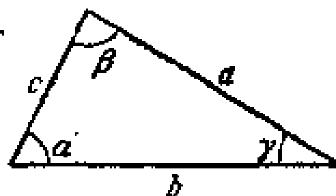


圖 87. 斜三角形

利用三角函數可求得三角形邊與角之間的下列關係，這對三角形的求解，卽由已知元素求未知元素，是很有用的：

甲) 直角三角形(圖 84)。

設已知：

c 和 β	b 和 β	b 和 c	b 和 a

則得：

$b=c\sin\beta,$	$c=\dfrac{b}{\sin\beta},$	$\sin\beta=\dfrac{b}{c},$	$\tan\beta=\dfrac{b}{a},$
$a=c\cos\beta,$	$a=\dfrac{b}{\tan\beta},$	$\alpha=90^\circ-\beta,$	$\alpha=90^\circ-\beta,$
$\alpha=90^\circ-\beta,$	$\alpha=90^\circ-\beta,$	$a=\dfrac{b}{\tan\beta},$	$c=\dfrac{b}{\sin\beta}.$

乙）斜三角形（圖 87)。

設已知：

$b,\ c,\ \alpha$	$\alpha,\ \beta,\ \gamma$	$a,\ b,\ c$

則得：

$a\sin\beta=b\sin\alpha,$	$\alpha=180^\circ-(\beta+\gamma),$	$\tan\dfrac{\alpha}{2}=\dfrac{r}{s-a},$
$a\cos\beta=c-b\cos\alpha,$	$b\sin(\beta+\gamma)=a\sin\beta,$	$\tan\dfrac{\beta}{2}=\dfrac{r}{s-b},$
$a\sin\gamma=c\sin\alpha,$	$c\sin(\beta+\gamma)=a\sin\gamma,$	$\tan\dfrac{\gamma}{2}=\dfrac{r}{s-c},$
$a\cos\gamma=b-c\cos\alpha,$		
$a^2=b^2+c^2-2bc\cos\alpha,$		

式中

$$s=\frac{1}{2}(a+b+c),\quad r=\sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}}.$$

5. 球面三角概要

首先需要說明：1)經過球心的平面與球面相交成大圓；任何其他的平面與球面相交成小圓；2) 兩個大圓相交於在一條直徑上相對的兩點，這兩點把兩個大圓都平分；3)在球面上與某一大圓上各點都等

距的點稱爲此大圓的極。不在同一個大圓的三個極用大圓圓弧相連結成球面三角形。球面三角形的邊通常小於180°，而三邊的和不大於360°。球面三角形三角之和一定大於180°，但小於540°。任何一個角也不會大於180°。如果球面三角形很小，可以使用平面三角的公式，而認爲三角之和等於180°。

下面是球面三角的基本公式，用這些公式可以很容易地由球面三角形的已知元素求出未知元素：

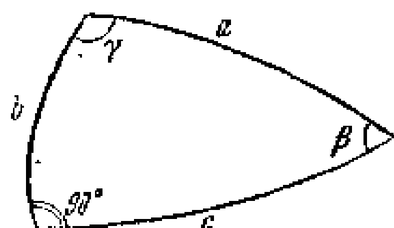


圖88. 直角球面三角形



圖89. 斜球面三角形

甲）直角球面三角形（圖88）。

$$\cos a=\cos b\cos c,\qquad \sin\beta=\frac{\sin b}{\sin a},\qquad \sin\gamma=\frac{\sin c}{\sin a},$$

$$\cos a=\cot\beta\cot\gamma,\qquad \cos\beta=\frac{\tan c}{\tan a},\qquad \cos\gamma=\frac{\tan b}{\tan a},$$

$$\cos b=\frac{\cos\beta}{\sin\gamma},\qquad \tan\beta=\frac{\tan b}{\sin c},\qquad \tan\gamma=\frac{\tan c}{\sin b}.$$

$$\cos c=\frac{\cos\gamma}{\sin\beta},$$

乙）斜球面三角形（圖89）。

正弦公式：

$$\frac{\sin a}{\sin b}=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta},$$

$$\frac{\sin b}{\sin c}=\frac{\sin\beta}{\sin\gamma},$$

$$\frac{\sin c}{\sin a}=\frac{\sin\gamma}{\sin\alpha},$$

餘弦公式：

$$\cos a=\cos b\cos c+\sin b\sin c\cos\alpha,$$

$$\cos b=\cos c\cos a+\sin c\sin a\cos\beta,$$

$$\cos c=\cos a\cos b+\sin a\sin b\cos\gamma,$$

$$\cos\alpha=-\cos\beta\cos\gamma+\sin\beta\sin\gamma\cos a,$$

$$\cos\beta=-\cos\gamma\cos\alpha+\sin\gamma\sin\alpha\cos b,$$

$$\cos\gamma=-\cos\alpha\cos\beta+\sin\alpha\sin\beta\cos c.$$

五元素公式:

$$\sin a\cos\beta=\cos b\sin c-\sin b\cos c\cos\alpha,$$
$$\sin a\cos\gamma=\cos c\sin b-\sin c\cos b\cos\alpha,$$
$$\sin b\cos\gamma=\cos c\sin a-\sin c\cos a\cos\beta,$$
$$\sin b\cos\alpha=\cos a\sin c-\sin a\cos c\cos\beta,$$
$$\sin c\cos\alpha=\cos a\sin b-\sin a\cos b\cos\gamma,$$
$$\sin c\cos\beta=\cos b\sin a-\sin b\cos a\cos\gamma.$$

球面坐標系*的變換。

甲) 由地平坐標系 A, h 變爲赤道坐標系 α, δ:

$$\sin\delta=\sin\varphi\sin h-\cos\varphi\cos h\cos A,$$
$$\cos\delta\sin t=\cos h\sin A,$$
$$\cos\delta\cos t=\sin h\cos\varphi+\cos h\sin\varphi\cos A,$$

而

$$\alpha=s-t.$$

爲了把這些公式變成對數形式,下面引入輔助角 M 和輔助量 m:

$$m\cos M=\sin h,$$
$$m\sin M=\cos A\cos h,$$

由此可定出 M 和 m。於是得:

$$\sin\delta=m\sin(\varphi-M),$$
$$\cos\delta\sin t=\cos h\sin A,$$
$$\cos\delta\cos t=m\cos(\varphi-M).$$

乙) 由赤道坐標 α, δ 變爲地平坐標 A, h:

$$\sin h=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t,$$
$$\cos h\sin A=\cos\delta\sin t,$$
$$\cos h\cos A=-\cos\varphi\sin\delta+\sin\varphi\cos\delta\cos t.$$

和前面相似地令:

$$m\cos M=\cos\delta\cos t,$$

---

* 參閱174頁。

$$m \sin M = \sin \delta.$$

於是得:

$$\sin h = m \cos (\varphi - M),$$
$$\cos h \sin A = \cos \delta \sin t,$$
$$\cos h \cos A = m \sin (\varphi - M).$$

丙) 由赤道坐標 α,δ 變爲黄道坐標 λ,β (參閱第 178—181 頁):

$$\cos \beta \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha,$$
$$\cos \beta \sin \lambda = \cos \delta \sin \alpha \cos \varepsilon + \sin \delta \sin \varepsilon,$$
$$\sin \beta = -\cos \delta \sin \alpha \sin \varepsilon + \sin \delta \cos \varepsilon.$$

與前面相似地令:

$$n \sin N = \sin \delta,$$
$$n \cos N = \cos \delta \sin \alpha.$$

於是得:

$$\cos \beta \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha,$$
$$\cos \beta \sin \lambda = n \cos (N - \varepsilon),$$
$$\sin \beta = n \sin (N - \varepsilon),$$

此處 $\varepsilon = 23°27'$, 卽爲黄赤交角。

丁) 由赤道坐標 α,δ 變爲銀道坐標 l,b (參閱第 181—182 頁):

$$\sin b = \sin \delta \cos i - \cos \delta \sin i \sin (\alpha - \Omega),$$
$$\sin l \cos b = \sin \delta \sin i + \cos \delta \cos i \sin (\alpha - \Omega),$$
$$\cos l \sin b = \cos \delta \cos (\alpha - \Omega),$$

此處 $i = 62°$, 卽爲銀赤交角, $\Omega = 280°$ 卽爲升交點——銀道與赤道的交點之一,在天鷹座。

由上列諸公式可以求得下面的便於計算的公式:

$$\tan l = 0.46947 \tan (\alpha + 80°) + 0.88295 \tan \delta \sec (\alpha + 80°),$$
$$\sin b = -0.88295 \cos \delta \sin (\alpha + 80°) + 0.46947 \sin \delta.$$

第 429 頁載有由赤道坐標變換爲銀道坐標的簡表。

由一種坐標系近似地交換爲另一種坐標系(精確度達 0°.5)可以利用所謂的立體平畫圖(參閱附錄 4),用這種圖形可以求出許多實

用問題的近似解。這些問題便是由天體坐標求天體的角距、測定恆星出沒時刻以及其他許多問題。

6. 圓錐曲線

在天文學中研究天體運動時常用到以焦點爲原點，用極坐標 r 和 v 表示的圓錐曲線方程式：

$$r=\frac{p}{1+e\cos v},$$

在此 r 爲向徑，p 爲一個參變數*，e 爲偏心率，而 v 角稱爲真近點角（參閱第 214 頁）。

圓錐曲線包括圓、橢圓、拋物線和雙曲線。這些曲線總稱爲圓錐切線是因爲正圓錐與平面相交成這些曲線之一：當平面垂直於圓錐的軸線時（圖 90），交線爲圓；當平面平行於圓錐的母線時，交線爲一種敞開曲線——拋物線；在二者之間的任一交線爲一種封閉曲線——橢圓；由與圓錐軸的傾角小於母線與圓錐軸的傾角的平面得出的任一交線爲雙曲線，雙曲線分爲兩支。

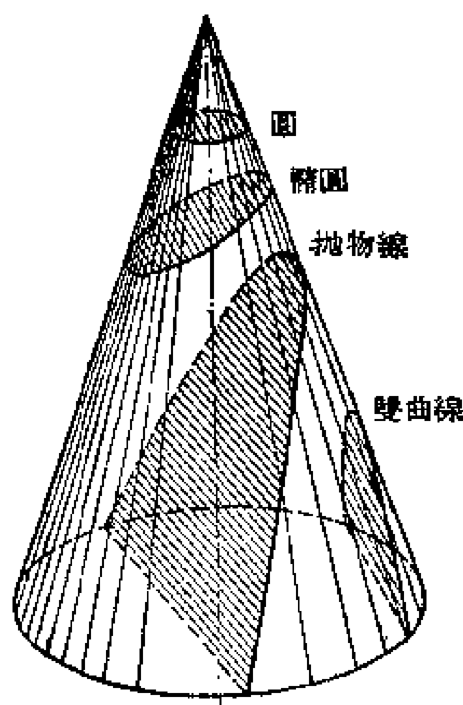


圖 90. 圓錐曲線

圓的特徵是曲線上各點到中心的距離相等。圓的偏心率 $e=0$。因此，圓的向徑 r 等於常數。

橢圓（圖 91）上任一點與橢圓內

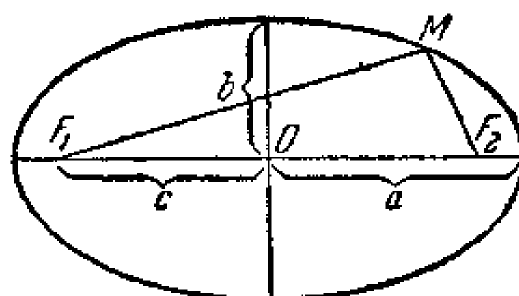


圖 91. 橢 圓

* p 的幾何意義是經過焦點垂直於主軸的弦長的一半。

的兩個點（稱爲焦點）的距離之和爲一常數，并等於橢圓的長軸：$MF_1+MF_2=2a$。橢圓的扁的程度可用偏心率：

$$e=\frac{c}{a}=\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a},$$

即焦點與中心的距離 c 對橢圓半長軸 a 的比來表示。橢圓的偏心率一定大於零，但小於一。已知橢圓的偏心率和半長軸，用下列公式很容易求得半短軸：

$$b=a\sqrt{1-e^2}.$$

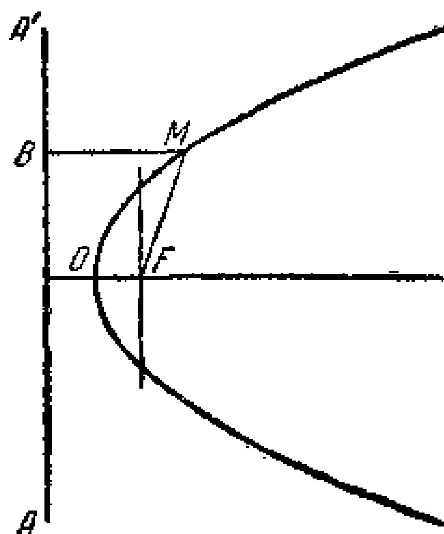


圖 92. 拋物線

當 $e=1$ 時得敞開曲線——拋物線(圖 92)。拋物線的特徵是曲線上任一點與焦點的距離等於它與一條固定直線 AA'(不經過焦點，稱爲準線)的距離：$BM=MF$。O 點稱爲拋物線的頂點；OF 爲近點距 q。拋物線的參數 $p=2q$。

雙曲線(圖93)爲一種敞開曲線(包括兩個獨立的分支)，其偏心率 $e>1$。雙曲線上任一點與兩個焦點的距離之差爲一常數：$F_2M-MF_1=2a$。雙曲線的參數 $p=a(e^2-1)$。對稱於雙曲線軸 F_1F_2 的兩條直線 BB' 和 CC' 稱爲雙曲線的漸近線。

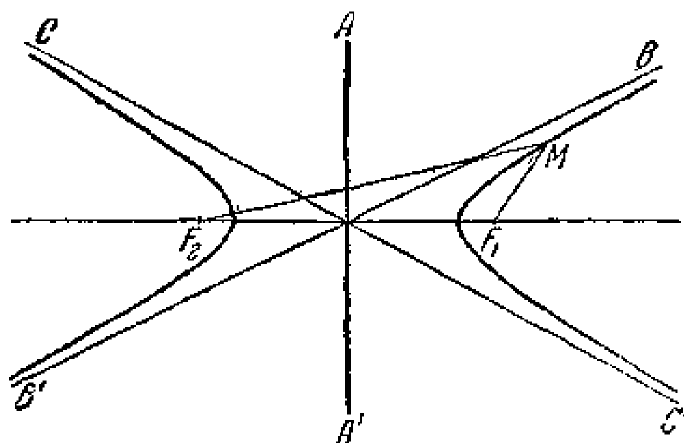


圖 93. 雙曲線

7. 內插法和外插法

在使用任何一種表示一個數量(函數)與另一個數量(宗數)之間的關係的數值表時,常常需要求在宗數的兩個數值之間的函數值,即是需要作內插。內插可用繪圖法求出或用特殊的內插公式來計算。在用繪圖法時應當用足够大的尺度把函數 y 隨宗量 x 變化的圖形畫出,然後由圖上定出在所需的 x 的中間值處的 y 值。

如果函數的變化與宗數的變化成正比,這種函數稱爲線性函數,因爲它的圖形是一條直線。

在這種情形下我們要作線性內插,這用計算方法也容易求出。要斷定所用的數值表是否爲線性函數,應當用一欄列出對應於相鄰的、等距的宗數值的函數值之差,即是求出函數數值的一次差,如果一次差值都相等,例如 $a_1 = a_2 = a_3$ 等等,這種函數就是線性函數。於是對宗數的某一數值,例如在 x_1 和 x_2 之間的宗數值 x,函數 y 的值爲:

宗 數	函 數	一次差
x_1	y_1	
		a_1
x_2	y_2	
		a_2
x_3	y_3	
		a_3
x_4	y_4	

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} a .$$

如果令 θ 代表宗數在表中相鄰數值的間距的分數,即令:

$$\theta = \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i},$$

則線性內插法的公式具有下列形式:

$$y = y_i + \theta a,$$

式中 y_i 對應於最接近的較小的宗數值,而 a 爲表的一次差(是一個常數)。

如果函數爲線性函數,它的圖形——直線——可以用兩點(例如兩端點)畫出。並不需要把表中所列的全部數值都畫出來。但是在絕大多數情況下,函數的變化並不均勻,一次差彼此不相等——函

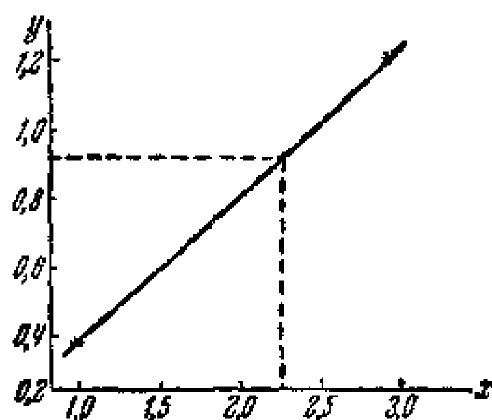


圖 94. 線性函數的圖形內插法

x	y	a
1.0	0.4	
		0.2
1.5	0.6	
		0.2
2.0	0.8	
		0.2
2.5	1.0	
		0.2
3.0	1.2	

線性內插法算例　已知函數 y 與宗數 x 之間有上表所列出的關係；求 $x=2.25$ 時的 y 值。

$$y(2.25)=y(2.0)+\frac{2.25-2.00}{2.50-2.00}0.2=0.8+0.5\times0.2=0.9.$$

圖解法見圖 94。

數不是線性的，不能用一條直線來表示。在這種情形下作圖解法，就需要取在準備作內插的數值附近的全部的函數值幷在圖上畫出，用這些點畫一條平滑的曲線，然後從曲線上求出在所需宗數值處的函數值。如果用計算方法求解，應當在表上補列二次差 b_1、b_2, b_3 等的一欄，二次差卽是一次差相鄰兩項之差；有時還須列出三次差（卽二次差的差值）；如果必要還須列出四次差，等等。表格列成下列形式：

宗 數	函 數	一 次 差	二 次 差	三 次 差	四 次 差
x_1	y_1				
		$a_{(1+\frac{1}{2})}$			
x_2	y_2		b_2		
		$a_{(2+\frac{1}{2})}$		$c_{(2+\frac{1}{2})}$	
x_3	y_3		b_3		d_3
		$a_{(3+\frac{1}{2})}$		$c_{(3+\frac{1}{2})}$	
x_4	y_4		b_4		d_4
		$a_{(4+\frac{1}{2})}$		$c_{(4+\frac{1}{2})}$	
x_5	y_5		b_5		
		$a_{(5+\frac{1}{2})}$			
x_6	y_6				

字母右下方的數字表示差值在第幾列，數字中有 1/2 表示差值在兩列之間。

內插法的公式之一［斯提爾林（Stirling）公式］可以寫成下列形

式：

$$y_{i+\theta}=y_i+\theta a_i+\frac{\theta^2}{1\cdot 2}b_i+\frac{(\theta+1)\theta(\theta-1)}{1\cdot 2\cdot 3}c_i$$

$$+\frac{(\theta+1)\theta^2(\theta-1)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}d_i+\cdots,$$

式中 b_i, d_i 以及所有其他的偶次差可以從表中查出，而 a_i, c_i 以及其他的奇次差可以由同一行中兩個相鄰差項用算術平均算出：

$$a_i=\frac{a_{(i-\frac{1}{2})}+a_{(i+\frac{1}{2})}}{2};\quad c_i=\frac{c_{(i-\frac{1}{2})}+c_{(i+\frac{1}{2})}}{2}\ 等等.$$

斯提爾林公式中前四次差值的係數可以從表 LVII 中查出。

例 試用由天文年曆中查出的 1931 年 7 月份五天的 $\alpha_\odot$ 值求 1931 年 7 月 6 日格林尼治平時 6 時的太陽赤經：

x	$y=\alpha_\odot$	a	b	c	d
1931 年 7 月 4 日	6時48分7秒.72				
		+4分7秒.48			
5	6 52 15.20		−0秒.29		
		+4 7.19		+0秒.03	
6	6 56 22.39		−0.32		−0秒.02
		+4 6.87		+0.01	
7	7 0 29.26		−0.33		
		+4 6.54			
8	7 4 35.80				

$\theta=\frac{6}{24}=0.25$； $a_i=+4分7秒.03$； $c_i=+0秒.02$；

$y_i=6時56分22秒.39$； $b_i=-0秒.32$； $d_i=-0秒.02$；

$y_{i+\theta}=6時56分22秒.39+0.25\times 4分7秒.03+0.031(-0秒.32)-0.039\times 0秒.02$

$=6時37分24秒.14$.

顯然，對計算到百分之幾秒來說，公式中的最後一項是多餘的。當 $\theta>0.5$ 時，爲計算方便起見最好取最近的（即表中接着列出的）函數 y_{i+1} 的數值，不用 θ 而取 $\theta'=1-\theta$，於是公式成爲：

$$y_{i+\theta}=y_{i+1}-\theta'\cdot a_{i+1}-\frac{\theta'^2}{2}b_{i+1}-\frac{(\theta'+1)\theta'(\theta'-1)}{6}c_{i+1}$$

$$-\frac{(\theta'+1)\theta'^2(\theta'-1)}{24}d_{i+1}-\cdots.$$

在表 LVII 中只列有對應於 $\theta \leqslant 0.50$ 的係數。

下面還要談到在內插運算中隨時會遇到的兩個情況：

1）中值內插法：所求的數值等於表中所列出的相鄰兩項函數值的算術平均減去二次差（在需要補填的欄內）的平均差的 $^1/_8$，即：

$$y_{1/2}=\frac{y_1+y_2}{2}-\frac{1}{8}\,\frac{b_1+b_2}{2}.$$

2）分段內插法：表中所列的第一個數值加上一次值的 $^1/_3$ 并減二次差平均值的 $^1/_9$，即：

$$y_{1/3}=y_1+\frac{1}{3}a_1-\frac{1}{9}\,\frac{b_1+b_2}{2},$$

這是第一種情況。另外還有第二種情況，就是用一次值的三分之二減去二次差平均值的 $^1/_9$，即：

$$y_{2/3}=y_1+\frac{2}{3}a_1-\frac{1}{9}\,\frac{b_1+b_2}{2}.$$

平方內插法。有時用下列的平方內插法公式只須用一次差便已足够：

$$f_n=f_0+nb+B''(c-a),$$

式中 a，b 和 c 爲按下列符號求得的一次差：

$$\begin{array}{lc} f_{-1} & \\ & a \\ f_0 & \\ & b \\ f_1 & \\ & c \\ f_2 & \end{array}$$

而數量 B'' 係按宗數 n* 由表 23 中查出。

表 23

n	B''	n	B''
0.0000		0.3267	
	0.00		−0.06
0.0204		0.6732	
	−0.01		−0.05
0.0641		0.7645	
	−0.02		−0.04
0.1127		0.8316	
	−0.03		−0.03
0.1683		0.8872	
	−0.04		−0.02
0.2354		0.9358	
	−0.05		−0.01
0.3267		0.9795	
	−0.06		−0.00
		0.9999	

外插法——要在表中所列宗數範圍以外求函數的數值，這是一個需要特別慎重處理的問題。不應該超出表中數值範圍太遠。只有

* 對這個表所列的 n 值來說，取其上面的 B'' 值。

在函數與宗數之間的關係能用嚴格的算式表出時才能用外插法求得精確的答案。在一切其他的情况下用外插法只能得到近似值。最好的辦法是根據函數變化的特徵繪出它的圖形，然後直接從圖上求出所需的數值。由時鐘日速的外插預測時鐘改正量便是這樣的一個例子（參閱圖 146）。

8 觀測誤差

無論作任何量度（而每一種天文觀測都包括着一種量度）都不可避免地會有測量誤差。合理地安裝測量儀器以及周密地改進測量方法可以盡量消除或減少那些引起系統誤差的因素的影響，此外也可以研究這種影響使得在整理測量結果時能够估計出影響的大小。例如：恆星的天頂距和時角之間有密切的關係；我們可以完全準確地算出對各個不同的時角來說，恆星的天頂距應當是多少。但是如果我們的目的是要驗證這個關係，已經對不同的 t 值測出大量的天頂距的數值，那麼就會發現所有測得的天頂距都比計算值小，并且二者之差隨天頂距本身的變大而增加。這種系統誤差的原因是地球大氣的折射（或稱蒙氣差——譯者）（參閱第 183 頁）。把測量數值加上蒙氣差的改正（卽對每一個由觀測得出的 z 值都加上必要的改正數），我們會發現卽使到這個時候測量結果與計算值還并不精密相合，并且測得的數值有時比計算值大一些，有時又小一些，而大的偏差要少於小的偏差。這是因爲在作測量時除系統誤差外還不可避免地會有偶然誤差。每一個偶然誤差的原因無法作精確的計量，但要是把同一種測量重複許多次就會發現偶然誤差遵從一種特殊的規律，研究者利用這種規律可以從一系列的測量中得出比任何一次個別的測量要較爲可靠的結果，并且可以估計這個結果的精確度。

由偶然誤差的理論可以知道，當測量次數够多時，最可能的結果（卽幾率最大的結果）等於所有的個別測量結果的算術平均：

$$a_{\text{均方}}=\frac{a_1+a_2+a_3+\cdots+a_n}{n}=\frac{\Sigma a_i}{n}.$$

用平均誤差可以估計這種算術平均的精確度，平均誤差等於各個測量值與平均值之差的絕對值$|a_{均方}-a_i|=|\Delta_i|$的算術平均，即：

$$\varepsilon_{平均}=\frac{\Sigma|\Delta_i|}{n}.$$

最後的結果可以寫成下列形式：

$$a_{均方}\pm\varepsilon_{平均}.$$

例　10.54±0.32（平均誤差）。

通常都用均方誤差來表示精確度，均方誤差可用每次測量值與算術平均的偏差Δ_i按下列公式算出：

$$\sigma_{均方}=\sqrt{\frac{\Delta_1^2+\Delta_2^2+\cdots+\Delta_n^2}{n(n-1)}}=\sqrt{\frac{\Sigma\Delta_i^2}{n(n-1)}}.$$

平均誤差$\varepsilon_{平均}$與均方誤差$\sigma_{均方}$之間有下列的特殊關係：

$$\varepsilon_{平均}=0.80\sigma_{均方}$$

或

$$\sigma_{平均}=1.25\varepsilon_{均方}.$$

有時可以用可幾誤差來表示平均結果的精確度：

$$\sigma_{可幾}=0.6745\sigma_{均方}.$$

某一次個別測量結果的均方誤差可以估計爲

$$s_{均方}=\sqrt{\frac{\Sigma\Delta_i^2}{n}},$$

或其可幾誤差爲

$$s_{可幾}=0.6745s_{均方}.$$

雖然偶然誤差的理論要求有許多次的測量，但它的規律也常常可以應用於少數的測量，因爲即使在這種情形下，用偶然誤差的規律也可以得出比較好的結果，并使我們對測量的精確度有一個近似的估計。

如果就精確度來說各次觀測的值不同——即不是同樣準確，——在計算平均值時每一個測得的數值a_i應當乘上權重p_i（權重的大小是任意的，測量愈準，權重就愈大），而把乘積a_ip_i之和除以權

重之和，使得

$$a_{均方}=\frac{\Sigma a_i p_i}{\Sigma p_i}.$$

用下列公式可以估計出均方誤差本身的相對誤差：

$$\frac{\Delta\sigma_{均方}}{\sigma_{均方}}=\frac{1}{\sqrt{2n}},$$

此處 n 爲 $\sigma_{均方}$ 的測量次數。因此，對 4 次測量來說，$\Delta\sigma_{均方}$ 約爲 $\sigma_{均方}$ 的大小的 35%；而當 $n=50$ 時，測量 $\sigma_{均方}$ 的誤差約爲 $\sigma_{均方}$ 的 $^1/_{10}$。

個別測量值的算術平均的特點是各次測量值與它之差的平方和爲極小。因此，如果在某個數量的最可能數值附近取出一系列數值，并對每一個平方和求出個別測量的偏差，那麽最小的和就對應於所求的該數量的最可能數值。高斯（Gauss）所創立的最小二乘法就根據這個性質；關於最小二乘法的詳細敍述可參閱任何一種幾率論和近似計算的教科書，也可以參閱 B. П. 澤謝維契："天象觀測法"。

第三章

普通天文摘要

1. 天文坐標

直接觀測時，我們不能估計自己和各天體距離的差別，便認爲所有天體都像在同一的距離——好像排列在某一個圍繞着觀測者的圓球的內表面。天球是一個以觀測者的眼睛爲中心，以任意長度爲半徑的假想球，它可以把各天體方向間相互關係的研究化爲球上點與點間相關的位置的研究。

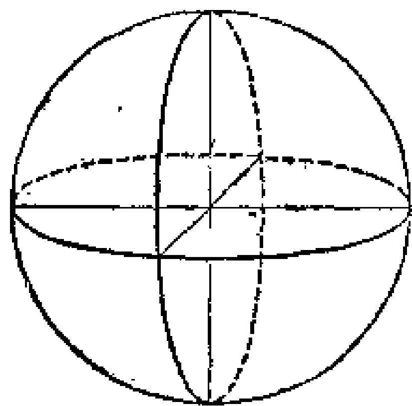


圖 95. 天球的假想圖

直覺地看來，天空像是我們頭上的圓頂或天穹。天穹的外觀視周圍環境而定。在空曠地方，它好像是扁平的，頭上的天穹部分較近於近地平的部分；但對於處在高處的觀測者來看，恰得其反，向上看的天穹部分，便要較遠於沿地平的天穹部分。

關於天穹外表形狀的問題，對於用目力測定星體在地平上的高度時有重大意義，因爲在天空扁平形的影響下，我們高估了天體的高度*。天穹的扁平度是視天空狀況和天氣情形而定。

球上一點的位置可用任何一種球面坐標系統來測定**。球上點

* 參考 Н. Н. 卡利金（Калитин）在"自然"（Природа）雜誌 No. 4，1948 年，第 7—10 頁，"論天穹形狀" "О форме небесного свода" 一文。

** 例如：地理坐標便是對於球狀地球的這種坐標系統，地面一點的位置可用球面坐標——經度和緯度來決定。

與點間的距離可用圓心角，或其所在大圓上的對應弧長來量度。

鉛垂線與天球相交於天頂（觀測者頭上）和天底二點（圖 96）。經過球心垂直於鉛垂線的平面叫做地平面。它和天球的交線叫做數學地平或眞地平。視地平隨地方場所的凹凸起伏和觀測者的位置而異，一般較低於數學地平。觀測者在地球水平面愈高，其視地平的俯角 δ 就愈大；又地平俯角也可使地平視程 d 增大（圖 97）。

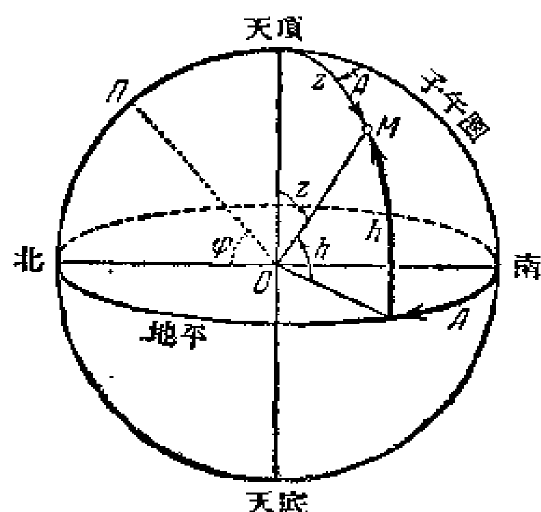


圖 96. 地平坐標系
Π—天球北極；A—天體 M 的平經；h—天體 M 的平緯或高度；z—天體 M 的天頂距；φ—觀測地的緯度。

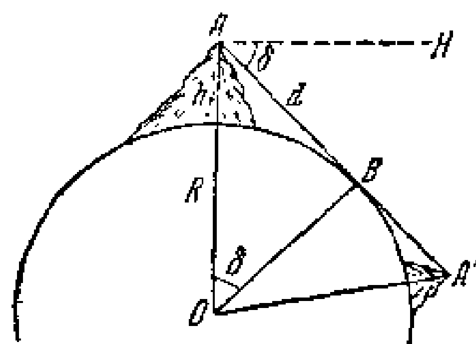


圖 97. 地平俯角和地平視程的擴展

已計及蒙氣差影響（參閱 183 頁）的俯角（以弧分表示）可由下式得之：

$$\delta = 1.779\sqrt{h}, \tag{18}$$

式中 h 是觀測地點的高程，以公尺表示。

地平視程（以公里表示）可由下式計算：

$$d = 3.86\sqrt{h}, \tag{19}$$

這裏亦已計及蒙氣差（參閱表 24）。

天穹的周日旋轉是地球繞地軸自轉的反映，天穹周日旋轉時北天有一點停留不動。這便是天球北極。現在位於北天極近旁的是北極星。天球北極自 1600 年至 2200 年的移動如圖 98 所示*。

---

* 極點在恆星間的位置所以會慢慢地變化着，是由於歲差所產生的結果（參閱 195 頁）。

表 24　依觀測者高程而變的地平視程表

高程 h (公尺)	視程 d (公里)	高程 h (公尺)	視程 d (公里)	高程 h (公尺)	視程 d (公里)	高程 h (公尺)	視程 d (公里)
1	3.9	15	15.1	100	39.0	700	103
2	5.5	20	17.4	125	43.6	800	110
3	6.8	25	19.5	150	47.8	900	117
4	7.8	30	21.4	175	51.6	1000	123
5	8.7	40	24.6	200	55.1	1200	135
6	9.6	50	27.6	250	61.6	1500	151
7	10.3	60	30.2	300	67.6	2000	174
8	11.0	70	32.6	400	78	3000	214
9	11.7	80	34.9	500	87	4000	246
10	12.3	90	37.0	600	96	5000	276

天極在地平上的高度,等於該地的地理緯度 φ。聯結天球球心和兩極的線是假想的天球自轉軸(天軸),它平行於地球自轉軸。垂直於天軸的平面與天球交於一大圓,這大圓叫做天球赤道(參閱圖99)。所有垂直於天球赤道而相交於天極的大圓叫做時圈。

通過天極和天頂的豎面與天球所交的大圓,叫做子午圈(俄文名詞出自拉丁文的"正午")(譯者註: 中國古時以太陽所在位置,分一日爲十二個時辰,當太陽過地平圈下部的子午線時,叫做子時,太陽過地平圈上部的子午線時,叫做午時。故子午圈在中文,也可以顧名思義)。垂直於子午面的豎面和天球相交的大圓,叫做卯酉圈。子午面和地平面相交於南北線;子午圈和地平圈相交於南點 S 和北點 N,而卯酉圈和地平圈相交於東點 E 和西點 W(參閱圖 100)。

地平坐標系(圖 96)。天體位置由其平緯(即高度) h 和平經 A 來決定。h 是介於地平與天體間的高度圈上的弧長*;A 是由南點至高度圈與地平圈交點間的弧長(或子午圈與高度圈在天頂的張角)。平經是由南點起向西量度,由 0° 到 360°;故西點的平經等於 90°,

* 高度圈是經過天頂和天體的大圓。

圖 98. 天球北極自 1600 年至 2200 年的移動

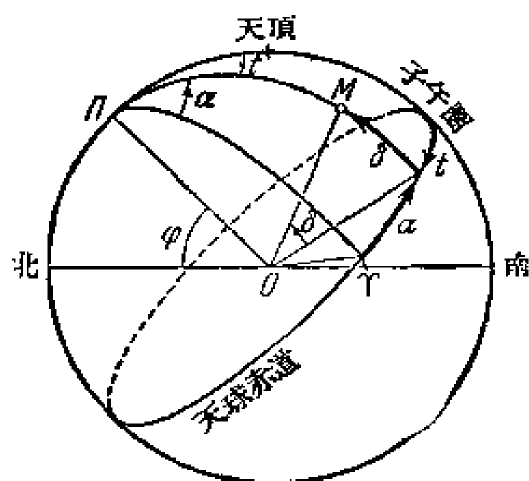


圖 99. 赤道坐標系

Π—天球北極；

φ—觀測者的地方緯度；

α—天體 M 的赤經；

δ—天體 M 的赤緯；

t—天體 M 的時角；

♈—春分點。

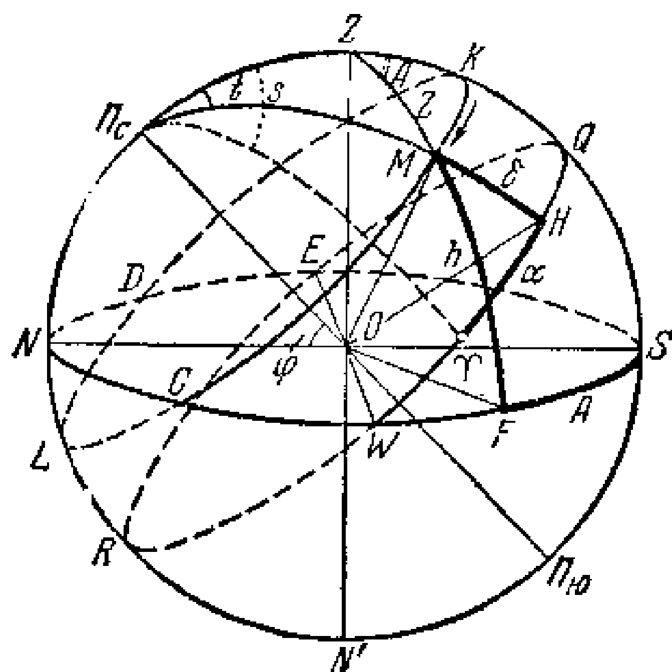


圖 100. 天球上的線和點

Π_c—天球北極；Π_{10}—天球南極；$\Pi_c\Pi_{10}$—天球自轉軸；Z—天頂；N'—天底；N—北點；W—西點；S—南點，E—東點；$NWSEN$—地平；NS—南北線；$N\Pi_cZS$—子午圈；$RWQER$—天球赤道；M—天體；$LCMKDL$—天體的周日平行圈；D—天體的上出點；K—天體的上中天點；C—天體的下沒點；L—天體的下中天點；ZMF—天體的高度圈(或豎圈)；ZM—天體的天頂距 Z；MF—天體的平緯 h；SF—天體的平經 A (地平圈上的弧長或天頂的張角)；Π_cMH—天體的時圈；HM—赤緯 δ；Π_cM—北極距 P；QH—天體的時角 t (赤道上的弧長或在天極的張角)；♈—春分點；Π_c♈—二分圈；♈H—赤經 α；$\Pi_cN=\varphi$ (天極的平緯等於地方緯度 φ)。

東點的平經是 270°。高度 h，也常用該天體的天頂距 z 來代替，z 是由 90° 減去 h 的餘數。

大地測量學、航海天文學及航空天文學的平經(或稱方位角)是由北點起算，向東量度，由 0° 到 360°。

赤道坐標系(圖 99)。赤緯 δ 是一個坐標元素。δ 是天體離開天球赤道的角距離(或者由赤道到天體間的時圈的弧長)。赤緯的量度，由赤道向天球北極爲正，向天球南極爲負。有時也用極距 p，它

等於 $90°-\delta$。另一坐標元素爲時角 t，t 是子午圈和天體時圈在天極的張角（或其在赤道上的對應弧長）。時角由子午圈的南部向西量度（卽順着天球周日旋轉的方向），由 0時 到 24時*。當時角等於零，該天體剛過子午線，這便是所謂上中天。當 $t=12$時，該恆星便說是在下中天。太陽中心的上中天時刻叫做眞午，下中天時刻叫做眞子夜。能於下中天觀測的，祇有赤緯 $\delta>90°-\varphi$ 的那些天體。所有赤緯較小於 $90°-\varphi$ 的天體，它們的下中天都在地平的下面。

關於在緯度 φ 地方所不能被觀測到的和在該地永不西落的恆星問題，可由圖 101 解決。北天球的恆星凡具有 $\delta\geqslant 90°-\varphi$ 的，都不西落；南天球的恆星，凡赤緯的絕對值 $\delta\geqslant 90°-\varphi$ 的都不能被觀測到。赤緯 $\delta=\varphi$ 的恆星，上中天時適過天頂。

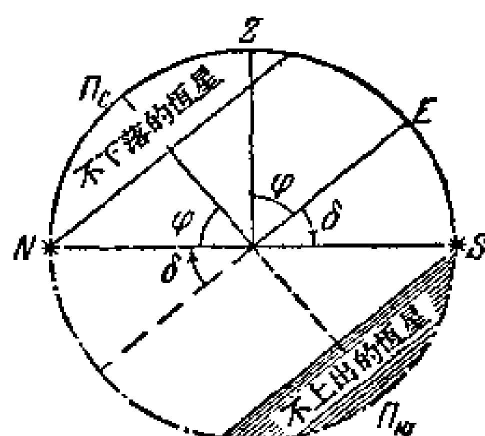


圖 101. 天球在子午面的投影

圖 102 是地面各不同緯度（由北極至南極）所見天球自轉的概況。圖中箭頭分别表示北天極方向和天球自轉方向。虛線表示觀測者的地平（正確言之，表示南北線）。

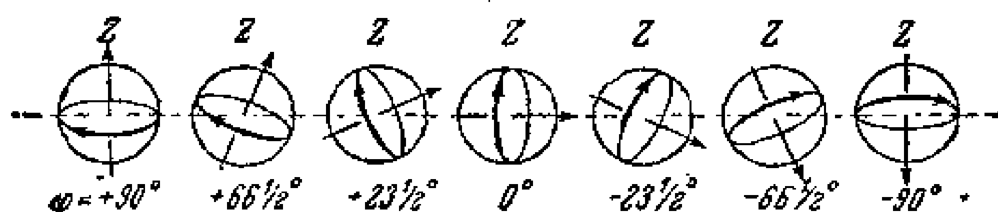


圖 102. 在不同緯度的地方所見的天球旋轉（從東往西看）

天體上中天時的天頂距可由下式算出：

$$z_{南}=\varphi-\delta$$

或

$$z_{北}=\delta-\varphi,$$

* 爲了方便起見有時會用天體上出點的東時角和其下沒點的西時角，或對於前者用負數的時角。

依天體上中天時在天頂之南($z_{南}$)抑在天頂之北($z_{北}$)而定。天體上出點和下沒點的時角,可由下式計算:

$$\cos t = -\tan\varphi\tan\delta. \qquad (20)$$

這樣,天體上出點和下沒點(因而,也連同它在地平上的逗留時間),以及它過子午線的平緯[如果不考慮到地面空氣的蒙氣差的話(183頁)]均祇由觀測地的緯度 φ 和天體赤緯 δ 而定(參閱附錄5)。

(20)式是下列(21)式的特殊情況(當 $z=90°$)。在一般情形下,具有赤緯 δ 而又於緯度 φ 的地方測得天頂距 z 的天體,其時角 t 由下式決定:

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin\varphi\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta}. \qquad (21)$$

在一年裏從太陽在正午時平緯的變化,以及晚上星空形象的殊異,可知太陽在衆星中位置是不斷變化的。太陽在衆星間的運動和天球周日旋轉的方向相反(由西到東),這正是地球繞太陽公轉的反映(圖103)。太陽在衆星間的軌道,叫做**黃道**(參閱附錄3)。黃道是天球上的大圓,和赤道成23°27′的傾角。關於太陽在恆星中的

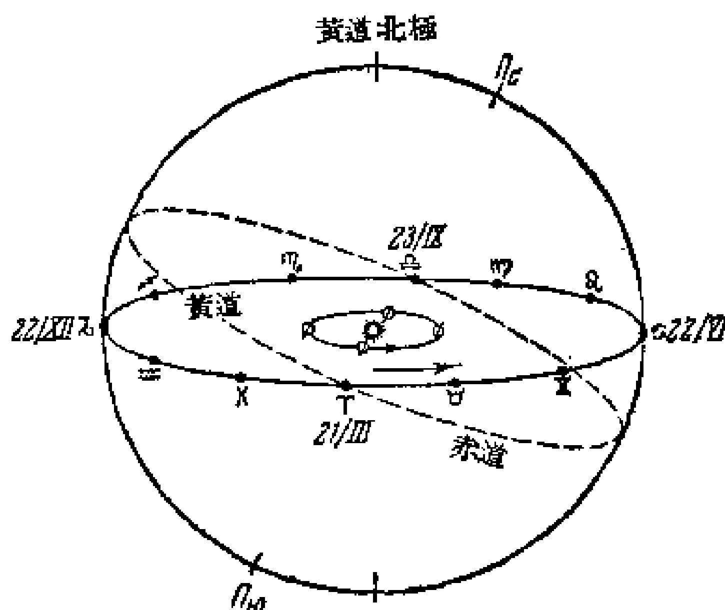


圖103. 太陽在天球上的視運動是地球軌道運動的反映

視運動可參閱 187 頁。

黃道和赤道相交於兩點。

3 月 21 日左右太陽中心由天球南半球移向天球北半球所經過的那一個黃赤交點，叫做春分點；用符號♈表示。所謂赤經 α，便從春分點起計(α 和 δ 組成第二赤道坐標系)。

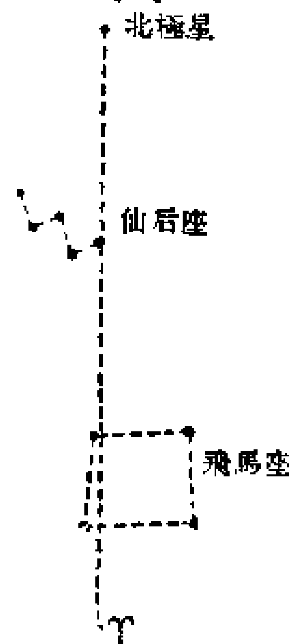


圖 104. 定春分點位置的方法。

這一坐標決定了天體時圈對二分圈的位置，而二分圈就是過春分點的時圈(春分點對於恆星的位置略如圖 104 所示)。

赤經用時、分、秒來表示，是沿赤道向天球周日旋轉的反方向量度，從 0 時到 24 時。

如果採取黃道作爲球面坐標系的基本平面，那我們便得到黃道坐標系。在這一坐標系裏，天體位置由黃經 λ 和黃緯 β 來決定（圖 105，甲）。黃經 λ 是由春分點起計，沿着黃道到天體黃緯圈*與黃道的交點爲止，以度數來表示。其方向與天球的周日旋轉的方向相反。黃緯 β 是沿着黃緯圈來量度，由黃道向兩方（向黃道北極或南極），由 $0°$ 到 $\pm 90°$。黃道北極的赤道坐標是：$\alpha=18$ 時，$\delta=+66\frac{1}{2}°$，在天龍座內；黃道南極的坐標是：$\alpha=6$ 時，$\delta=-66\frac{1}{2}°$，在劍魚座。黃道坐標適用於行星運動的研究。

我們從天球中心的位置，可得地心（以地球中心爲坐標原點）或日心（以太陽中心爲坐標原點）黃經。爲了說明行星和太陽在恆星間的位置，可用地心黃經（參閱表 XX）；爲了說明行星在公轉軌道上的位置，便要用日心黃經。太陽的地心黃經，等於地球的日心黃經加上 180°（參閱 207 頁行星視運動）。

銀道坐標系（圖 105，乙）的基本平面是銀河的平均平面——卽

* 通過天體和黃極的天球大圓叫做黃緯圈。

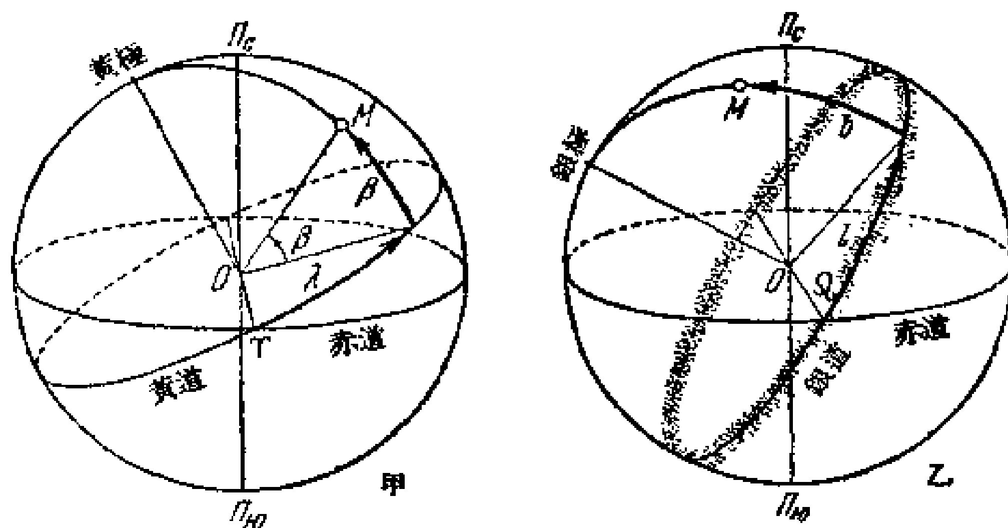


圖 105. 甲、黃道坐標系； 乙、銀道坐標系

Π_c，Π_{10}—天球北極和天球南極； ♈—春分點； λ—黃經； β—黃緯；

l—銀經； b—銀緯； ☊—銀道升交點，赤經爲 18 時 40 分。

所謂銀道面，銀道面和天球相交的大圓叫做銀道*，它對天球赤道面的傾角是 62°。銀經 l 是由銀河的升交點（$\alpha=18$ 時 40 分）起計，依赤經增長的方向，沿銀道量度，以度爲單位。銀緯 b 由銀道向兩方量度，由 0° 到 ±90°。銀道北極的赤道坐標是：$\alpha=12$ 時 40 分，$\delta=+28°$（在后髮座）**。銀道坐標不是直接測量的，而是由赤道坐標的換算求出：

$$\tan l=0.46947\tan(\alpha+80°)+0.88295\tan\delta\sec(\alpha+80°),$$

$$\sin b=-0.88295\cos\delta\sin(\alpha+80°)+0.46947\sin\delta.$$

---

* 銀河中線——銀道——可沿着下列諸點的赤道坐標標出：0時，+62°；1時，+62°；2時，+60°；3時，+57°；4時，+50°；5時，+38°；6時，+18°；7時，−9°；8時，−33°；9時，−47°；10時，−55°；11時，−60°；12時，−62°；13時，−62°；14時，−60°；15時，−57°；16時，−50°；17時，−38°；18時，−18°；19時，+9°；20時，+33°；21時，+47°；22時，+55°；23時，+60°。

** 銀道面對於天球赤道的精確位置可由下列二數定出：☊ $=280°.00+0°.00123\,t$；$i=62°.00+0°.00055\,t$，式中 ☊ 是升交點黃經，i 是銀道對赤道的傾角而 t 是 1900 年後的年數。

銀道坐標廣泛地使用於恆星天文學。

赤道坐標換算爲銀道坐標的簡表見附表 LIV。

蒙氣差 凡和精測天頂距有關的一切觀測都應計算光線在地球大氣中所生屈折的影響——這叫做蒙氣差，這一現象早就被托勒玫發現了。因爲折射的緣故，天體的視天頂距減小了（圖 106），卽天體在地平上的平緯略爲升高了，折射角視天體的天頂距而異；折射角隨着 z 的增大而增加。當 $z=90^\circ$，卽天體在地平時，便得地平蒙氣差。雖然在每一個別場合，地平蒙氣差的眞實數值可視氣象情況而強烈地變化着，但可視爲約等於 $35'$。

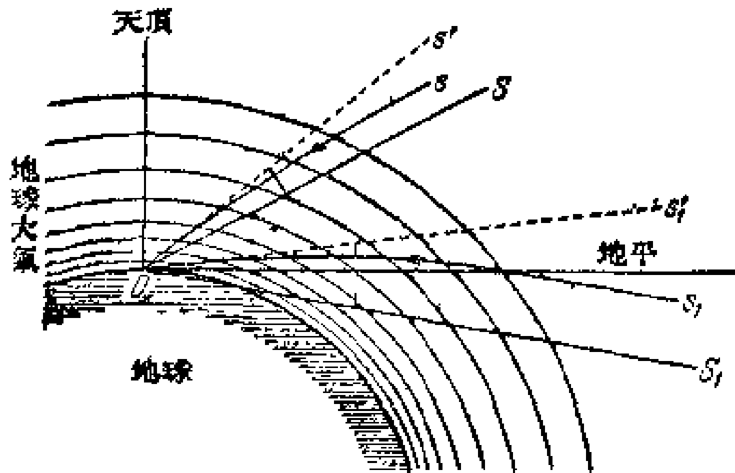


圖 106. 蒙氣差的影響（示意圖）

天體 S_1 在地平之下，但由於蒙氣差，我們看見它沿 s_1' 的方向，在地平之上。

凡 $z\leqslant 70^\circ$ 的蒙氣差概值可採用(22)式，卽蒙氣差和視天頂距的正切成比例：

$$\rho = 58''.2\tan z, \tag{22}$$

式中 58.2 便是平均蒙氣差的係數，或稱蒙氣差常數，是在標準狀況（大氣壓力 $B=760$ 公厘水銀柱高和氣溫 $t=10^\circ\mathrm{C}$）下計算出來的。欲求標準狀況下的平均蒙氣差也可以不必由(22)式計算而查"平均蒙氣差表"，但最好是按表 XXXVI 作圖（譯者註：指以 z 爲橫坐標的蒙氣差曲線），由圖讀出對於 z 各值的 ρ 值。

因爲光的屈折視空氣密度而異，那麽計及氣壓 B 和氣温 t 的公式，應得出較精確的蒙氣差數值：

$$\rho=60''.3\frac{B}{760}\frac{273^\circ}{273^\circ+t^\circ}\tan z. \tag{23}$$

爲使在不同的氣温和氣壓下也能利用表 XXXVI，可用下列近似式：

$$\rho=\frac{\text{表内的 }\rho}{2000}[2000+10(10-t)+(B-760)]. \tag{23'}$$

z 很大時，蒙氣差的精確計算便相當複雜、要費很多學理上的推演。故已推算出一些精密的蒙氣差表，最常用的是普耳科沃天文台的平均蒙氣差表，它使用於全世界。

由於蒙氣差的緣故，晝長增加了，北緯地方的極日延長了，而日月出沒、靠近地平時，其圓面也變形了。

晝長是由太陽上部邊緣上出時到太陽上部邊緣下沒時所經過的時間來計算的，並計及太陽在地平上的蒙氣差和它的角半徑。要想知道晝長，須按下式算出上出點的時角並讓下沒點的時角也等於上出點的時角*：

$$\cos t=-(0.0145\sec\varphi\sec\delta_\odot+\tan\varphi\tan\delta_\odot), \tag{24}$$

式中 $\delta_\odot$ 是太陽中心在當天眞午的赤緯，這兩個在數值上相等的時角的總和便是晝長。

晨昏曚影 實際上的晝長決定於太陽上部邊緣隱現於視地平線而不是隱現於眞地平。夜晚概念的定義是相當複雜的，因爲在晝和夜之間或多或少被黎明薄暮的持續而延長了。當太陽仍在地平以下，日光却可照亮地球大氣，已被照亮的大氣的散光，便成了晨昏曚影時的微明狀態。

微明的延續時間，視觀測地的緯度和太陽赤緯而異。晨昏曚影

* 這裏沒有計及太陽赤緯的變化，這種變化可使上出點和下沒點的時角發生微量的差異。

分爲民用晨昏矇影和天文晨昏矇影。此外，在航運裏，又有航海晨昏矇影。當晨昏矇影昏暗到爲了市內交通安全而必需加入人爲的照明時，算是民用矇影的終了，卽太陽在地平下 8° 的時候；當太陽再低一些，低於地平下 12° 時，海上如不用信號燈已不能辨別方向；當太陽低至地平下 16° 時，才算天文晨昏矇影的終了，此時表現出下列一些特徵：暗星的可見度顯著地增加（目視星等限值內的恆星開始現於天頂）而天空光譜內消失了連續光和方和斐線。那些高緯度的地方，緯度高到當太陽下中天時（太陽的天頂距小於 106° 的高緯地帶）晨昏矇影延續"全夜"（例如六七月間當列寧格勒在白夜時）。

由附錄 5 可計算出晨昏矇影時間的近似值。天文年曆均附有精確測定的晨昏矇影的始末時刻詳表。

看來，晨昏矇影問題，本質上實在是光的照度問題。現知，晴天之際，在民用晨昏矇影的終了時，地面的照明度等於 0.1 米燭光*，海洋晨昏矇影的終了時刻則爲 0.006 米燭光，天文晨昏矇影的終了時刻則爲 0.0006 米燭光。以這個觀點看來，當有雲和月光時，會影響矇影的開始和持續。蘇聯 1952 年天文年曆刊有 K. K. 杜勃羅夫斯基（Дубровский）教授的論文（附有表和圖解）詳論晨昏矇影的計算和照明度等問題。

2. 時間的量度

時間和空間一樣，都是物質存在的形式。時間也像空間一樣，沒有物質，也就失去它的意義（恩格斯）。

時間在精密科學裏是判斷自然界各種過程經過的相對速度的基礎。要研究隨時間而變的自然現象，那便需要對於量度時間的問題特別留意。天穹均勻地旋轉，反映着地球繞自轉軸均勻地自轉，成爲量度時間的基本根據。表達時間間隔的方法，種類不一，下面祇詳述

---

* 1 米燭光卽在 1 標準燭光的點光源在 1 公尺距離處對垂直於光線的平面上的照明度。

計算時間的各種體系。

恆星時 觀測星空周日旋轉，可得出恆星時的概念。春分點連續兩次上中天(或同是下中天)的時間間隔叫做恆星日。恆星日由春分點上中天的時刻開始。恆星時用春分點的時角來量度。

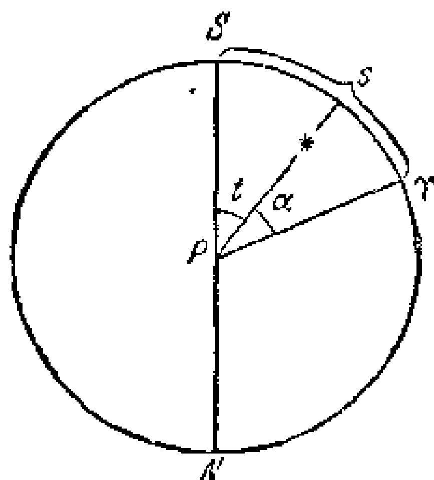


圖 107。天球在赤道面上的投影
恆星時 s 等於天體的赤經 α 加上天體的時角 t。

圖 107 是天球北部在赤道平面上的投影，由圖不難看出下列關係：

$$t+\alpha=s. \qquad (25)$$

由此得知：天體上中天的時刻(此時 $t=0$)的恆星時，即等於該天體的赤經。這就導出恆星鐘改正量的測定法，即是觀測已知 α 的恆星上中天時刻，來決定鐘的誤差(指出恆星時的鐘叫做恆星鐘)。另一方面，它也導出 α 的測定法，這便是根據已知改正量的恆星鐘以觀測天體上中天時刻來決定 α 的。

因爲歲差的影響(參考 195 頁)，ϒ的位置不是停留不變的：春分點沿着黃道慢慢地向西移動，每年西移 $50''.24$，或每日西移 $0''.138=0^{秒}.009$，這就使得恆星日較地球自轉的實際周期短了這個數值(譯者註：指 0 秒.009)。此外，恆星日的長度也不是一個常數，而是受了章動(198 頁)和 ϒ 移動的影響，周期地在變化着。因此，某些特殊的天文工作有時不得不仿照太陽時分爲眞太陽時與平太陽時(188 頁)相似的方法來引用眞恆星時與平均恆星時的概念。

平均恆星時由平均春分點的位置來決定，正像由眞春分點決定眞恆星時一樣，平均春分點是假設它沿着赤道均勻地移動的。

從石英鐘所能達到的高度精確度中(指示時間間隔的精確度計達時間間隔本身數值的 10^{-8})已發現：地球的自轉，不是像從前所想像那樣理想的均勻，一恆星日的差數可達 $\frac{1}{120}$ 秒。

太陽在衆星中的視運動和時間的量度 太陽在衆星間視運動的

軌道——黄道——通常稱爲黄道帶的十二個星座。

月亮，行星和大部分小行星的視軌道也同樣經過約 15° 寬的黄道帶（黄道兩邊各約 7°）。很多彗星和某些小行星的視軌道超出了黄道帶的範圍：它們的軌道往往和黄道成極大的傾角。由春分點起，沿着赤經正向（卽由西向東）分佈着下列黄道星座：

雙魚座、白羊座、金牛座——太陽在春季依次經過這三個星座

室女座、天秤座、天蝎座——太陽在秋季依次經過這三個星座

雙子座、巨蟹座、獅子座——太陽在夏季依次經過這三個星座

人馬座*、摩羯座、寶瓶座——太陽在冬季依次經過這三個星座

古時把太陽在黄道上的位置記以黄道十二宮的符號（參閱表 I 甲和圖 103），這些符號標誌着太陽周年軌道上十二個特定的區段，這些區段是由春分點起，按每 30° 黄經來等分黄道而成。因爲歲差的緣故，現在黄道十二宮的符號已經和過去所指的星座不相符合，向西移動了一個星座，例如，昔日白羊座的符號，就因爲歲差的緣故，現在位於雙魚座，餘可類推。

太陽赤經在一年裏的變化可簡列如下表。

表 25 分至日的太陽坐標

	時　　日	$\alpha_\odot$	$\delta_\odot$
春分……	3 月 21 日	0時	0°0′
夏至……	6 月 22 日	6時	+23°27′
秋分……	9 月 23 日	12時	0°0′
冬至……	12 月 22 日	18時	−23°27′

太陽赤經每月變化約 2 時，每晝夜變化約 4 分。

* 太陽視軌道有一小部分經過蛇夫座，但蛇夫座不算是黄道星座。

太陽赤緯變化的曲線近似於正弦曲線，這可以很容易的從表XX的數據中求出。

地球按氣候而分成的二回歸線和二極圈是與上述太陽赤緯的變化有關係的。極圈（緯度 $66\frac{1^\circ}{2}$）上，一年裏有一天太陽中心不下沒，並有一天不出地平。回歸線（緯度 $23\frac{1^\circ}{2}$）上，一年裏有一次太陽中心經過天頂。嚴格地說，對於上述極圈情況，僅僅在不考慮到蒙氣差時才算是正確。如果計及蒙氣差，那麼由表XX顯然可見：太陽在一年裏有一次不下沒的是在緯度65°59′上，而在一年裏有一次不上出的是在緯度67°7′。

我們從太陽中心連續兩次上中天的時間間隔得出另一種時間單位——**眞太陽日**。眞太陽日比恆星日平均長4分*——因為，平均言之，眞太陽日之長是一個變量：夏天較短而冬天較長，相差可達51秒這是因為：第一，太陽在黃道上視運動的不均勻性（此即地球在軌道上運動不均勻的反映）；第二，由於赤道對於黃道的傾角。我們採取視太陽中心上中天時刻，即所謂眞午，作為眞太陽日的開始。

若要造一個能永遠準確地指示眞太陽時的轉儀鐘，是極端困難的。天文學家早就按照某一個假想的平太陽來施行時間的計算，這個假想的太陽均勻地移動於赤道上，它連續二次上中天的時間間隔叫做**平太陽日**。平太陽日也由其正午開始計算。

由正午開始計算的平太陽時（或稱平時）叫做**民用時**。由格林尼治子午線的子夜開始計算的平太陽時叫做**世界時**。

平太陽時和眞太陽時之差叫做**時差**：

$$\eta = t_{平} - t_{眞}.$$

* 由於地球在軌道上周年運動（公轉）的結果，我們看見太陽移動於衆星之中，其方向和目視的天球周日旋轉相反，即由西向東，並沿着黃道，每年行一整周。這樣，一年裏的恆星日數便較太陽日數多了一天。所以一太陽日較一恆星日長了一日的 $\frac{1}{365.25}$ 或約長4分。

換言之，時差是一個數量，是需要加（連同它的代數符號）在真太陽時上來求平太陽時的。天文年曆刊載每日的時差。也可由圖 109 或由表 XX 的數據求出相當精確的時差。時差的特性曲線是由兩條幾近正弦的曲線所組成：第一條曲線（和地球軌道運動的不均勻性有關）以一年爲周期，變幅爲 ±8 分，並交零線於一月二日和七月二日，第二條曲線（黃道傾角的影響）以半年爲周期，變幅爲 ±10分，並交零線於三月二十一日，六月二十二日，九月二十三日和十二月二十二日。在一年裏，時差有四次爲零，即，四月十五日，六月十四日，九月一日和十二月二十四日。

對於地球的不同子午線上*的各地來說，同一星體在不同時刻上中天，因此這些地方的時間是不同的。對於地球的同一子午線上的所有地方來說，時間（恆星時或太陽時）是相同的；這種時間叫做地方時。地方恆星時用春分點的時角來量度，並等於上中天恆星的赤經；地方平太陽時用平太陽的時角來量度。地球上兩地的地方時（恆星時或平太陽時）差值，等於兩地地理經度的差值。例如，當格林尼治 2 時，莫斯科（$\lambda=2$ 時 30 分 17 秒）已經是地方平太陽時 4 時 30 分 17 秒了。

若地球上每一個居民點都用它本身的地方時便要造成極大的不方便，尤其對於鐵路運輸業和電報通信。鐵路人員和通信員，郵電員用下述辦法來避免這個不方便，那就是在全蘇聯境內，火車站和電報局的鐘，都用莫斯科時間**。但是，比方說在海參崴（$\lambda=8$時 47分 31 秒）用莫斯科時間，則對於日常生活和業務生活都會感到不習慣和不方便的，因爲這樣經度差太大了。爲了消滅這種不便已實行分區計時。這方法的要點就是用每過 15° 的子午線分全地球爲 24 個時區（由第零時區到第二十三時區）。在一個時區內，所有時鐘都指同樣的時間，這恰是那時區的平均子午線的時間，這個時間和其前面一個

* 精確地說，應是半子午線（即由一極點到另一極點的半周子午線）。

** 1918 年以前用彼得堡時間。

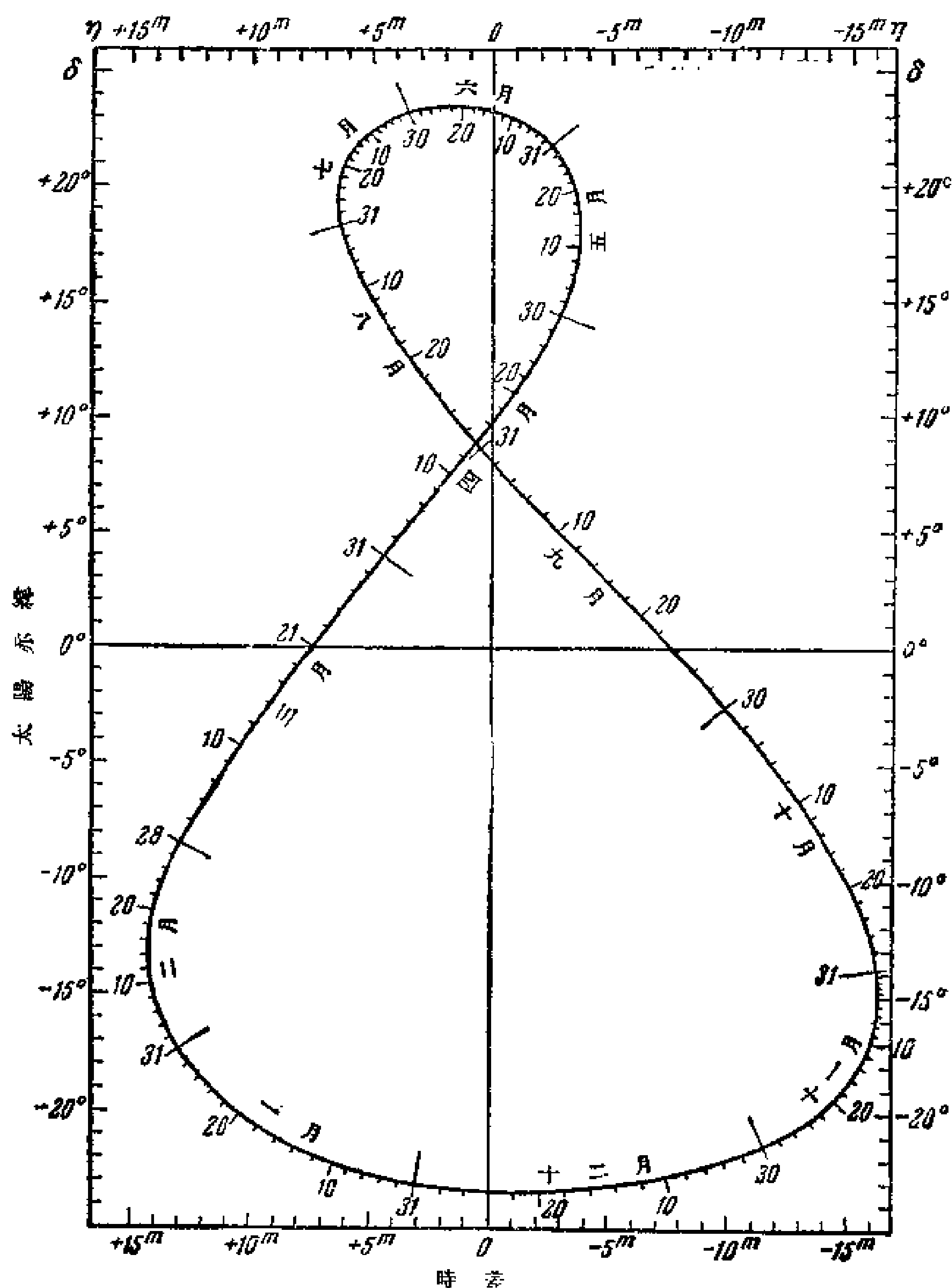


圖 108. 測太陽赤緯和時差用圖

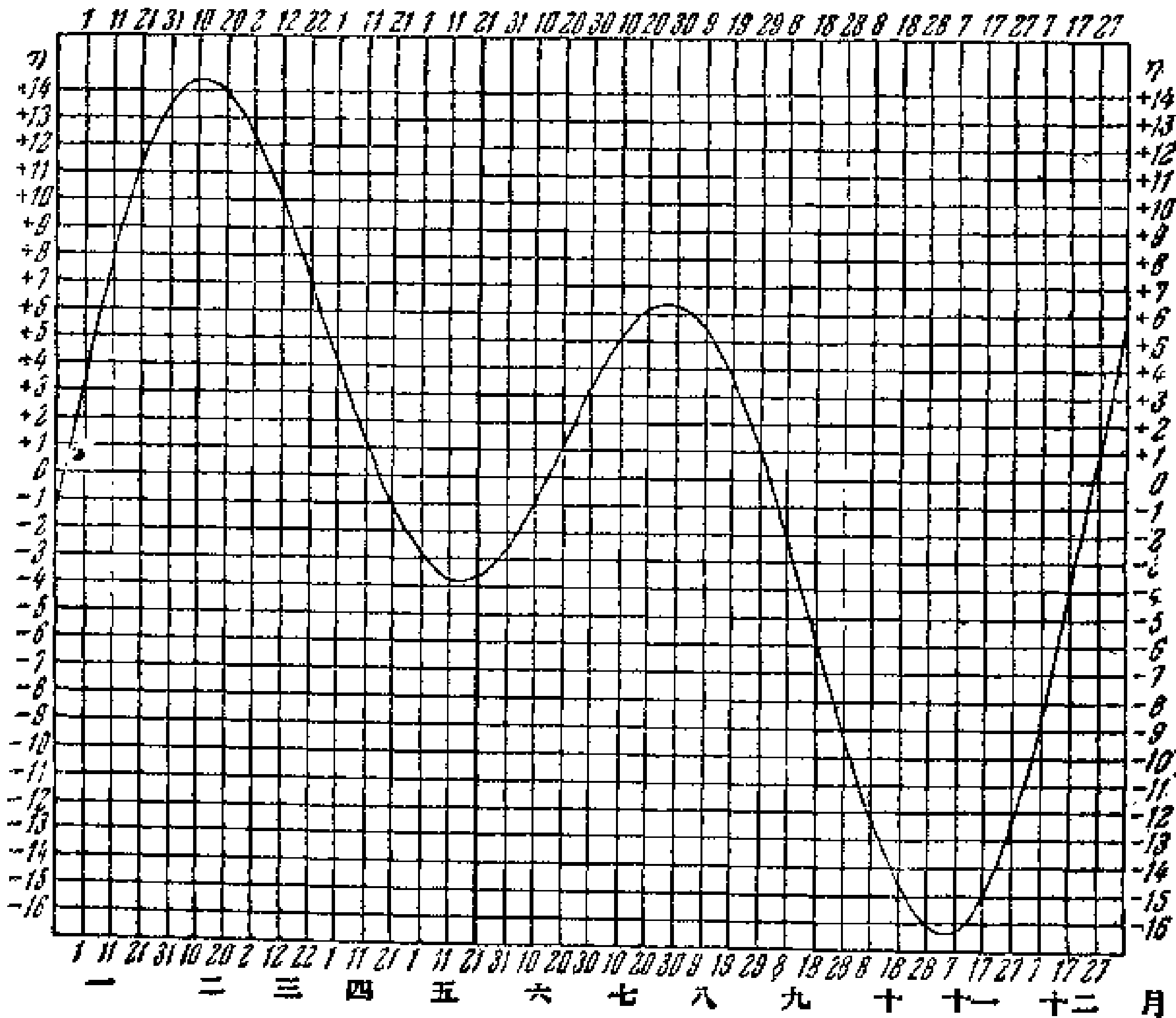


圖109. 時差曲線

時區恰正差一小時。這樣，全地球的時間，都有同一的分和秒，相差的僅是整數的鐘點數。旅行時，當你度過時區的分界線時，便要撥鐘錶一小時。顯然可見，往東行你便應撥快一小時，往西行便撥慢一小時。

零時時區用格林尼治的子午線作爲平均子午線，在歐洲，位於零時時區的國家計有：英國、愛爾蘭、法國、比利時、荷蘭、西班牙、葡萄牙；在第一時區的(由零度線向東數)計有：挪威，瑞典，丹麥，德國，瑞士，意大利；在第二時區的計有：波蘭，捷克斯洛伐克，奧地利，匈牙

利，蘇聯歐洲部分的西部；雖然莫斯科和第三時區的邊界僅相隔17秒，但仍歸第二時區*。總之，時區的邊界常常離開子午線而依照自然的或政治的邊界來劃分（參閱附錄9）。蘇聯分佈在11個時區的範圍內（由II到XII），其時區專名［參考И. Ф. 波拉克（Полак）著的"時間和曆法"（"Время и календарь"），國立技術理論文獻出版社，1949］為：莫斯科（II）時區：這第二時區比其他時區寬闊些，其始於蘇聯的西部邊境，而終於頓河岸羅斯托夫（Ростов-на-Дону）——梁贊（Рязань）——阿爾漢格爾斯克（Архангельск）線；伏爾加（III）時區：這第三時區包括了全部高加索；烏拉爾（IV）時區；西西伯利亞（V）時區；葉尼塞（VI）時區；伊爾庫茨克（VII）時區；黑龍江（VIII）時區；沿海（IX）時區；鄂霍次克（Охстск）（X）時區；堪察加（Камчата）（XI）時區；丘庫旗地帶（Чукот）（XII）時區。

由地方時推算區時（或稱標準時）應該有化為區時的改正量。這改正量視當地經度而異，它的數值和符號見圖110便可明瞭。圖中A地在第二時區平均子午線之東4°，其化為區時（II區）的改正量是－16分；B點在第三時區平均子午線之西4°，其化為區時的改正量是＋16分。

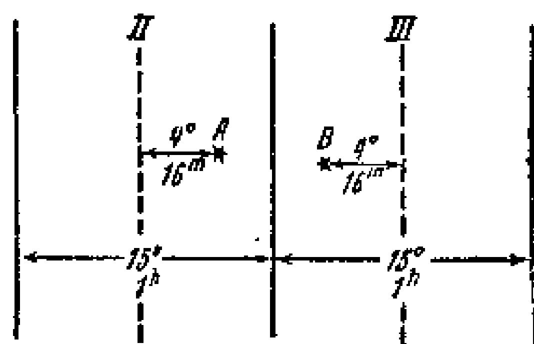


圖110. 化為區時的改正量

可用下式由地方時計算區時：

$$T_{區}=T_{地}-\lambda+N, \qquad (26)$$

式中N是時區的號數，λ是觀測地的經度。

表LVIII甲列出蘇聯大部分城市由地方時化為區時的改正量。

蘇聯於1930年6月16日使用了法定時，它比區時多一小時，

* 為了把莫斯科劃入第二時區，而把第二時區的東界做了一個圈彎，這個彎在莫斯科緯線之上，直達穆羅姆（Муром）。

即

$$T_{法}=T_{區}+1^{時}. \quad (27)$$

這樣，上述鐵路和電信所用的"莫斯科時"是第二時區的法定時。將(26)式代入(27)式，則由地方時化爲法定時的公式可寫成下形：

$$T_{法}=T_{地}-\lambda+N+1^{時}. \quad (27')$$

有許多國家爲了節省燈光所用的電力，夏季時把鐘往前撥快一小時(這便是所謂夏令時)。

日界線。由西向東環球旅行而回到出發點的人，根據他自己計算的時間會比當地居民超出一晝夜。完成了向西作環球旅行的人，按他旅行時日子來連續計算時間，會少去一天。爲什麼會發生這些事情？新的一天最初出現在地球那裏？爲了解決這問題，國際便決定了採用一條日界線。這條日界線大部分穿過美洲和亞洲間的海洋，沿着 180° 經線，和稍離開 180° 經線的一些地點，繞過羣島，海岬。當日界線上第十二時區區時適爲子夜時，那便是最初出現於地球的新的一天。這樣，蘇聯在亞洲東邊疆烏愛連(Уэллен)海角的北極站的居民是地球上第一批迎接新年的人物。當由西向東(例如，從亞洲到美洲)橫過這條日界線時，旅行者必須把同一日期計算二次，而由相反方向度過時便要減掉一天。圖 111 中把旋轉於日光(上面的箭矢)下的地球作圖解，由 P 引出箭矢的線表示格林尼治子午線，其在 P 後的延長線便是日界線。例如格林尼治的 28 日 13 時，而日界線上已經是 29 日 1 時了。

曆法 曆法專供計算較長時間之用。現在曆法的時間單位是回歸年，一回歸年中太陽赤緯完成一個完整的變化循環，因之，也完成一次四季——人類經濟生活的基礎——的更換。

早於古代就開始了曆法的編算。這個問題的複雜性在於回歸年和平太陽日是不可通約的(一回歸年約有 365.2422 平太陽日)，但是，一個曆年卻自然應該含有整數的日數。

在古代(也在現代某些伊斯蘭教國家的曆法裏)朔望月作爲曆

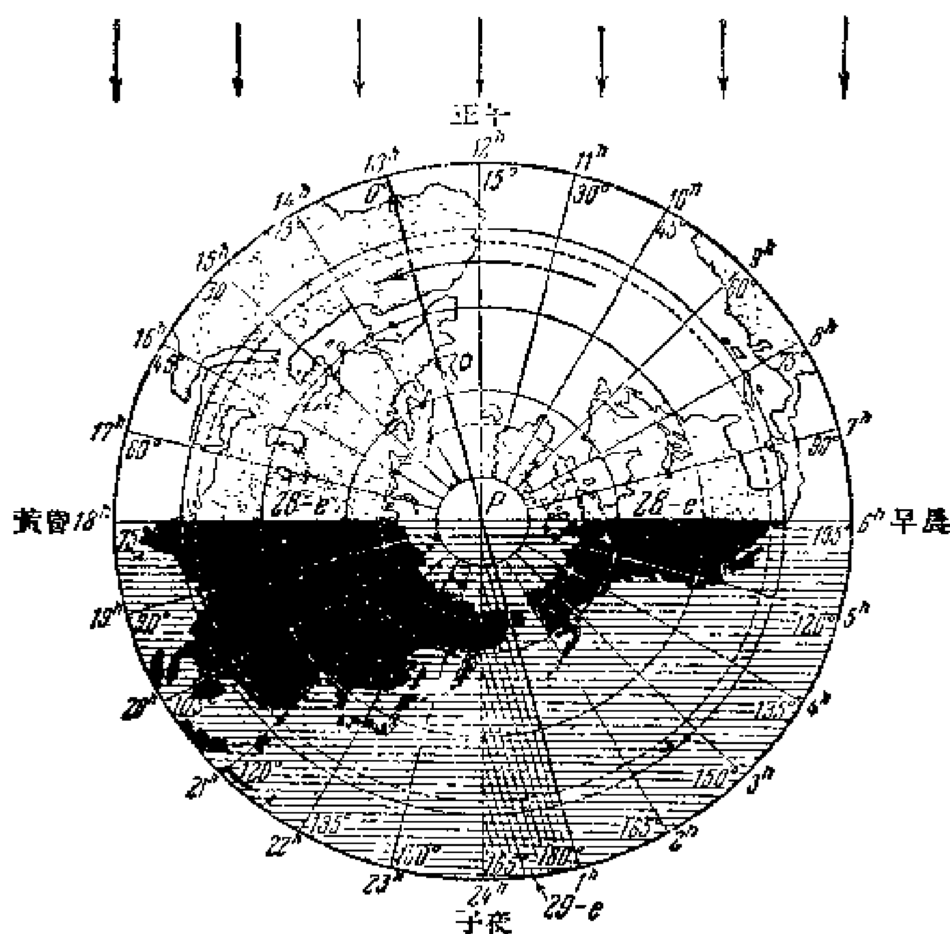


圖 111. 地球上日期的更換

法單位來說是有重大意義的*。但朔望月也不含有整數的日數(29.5306),所以朔望月和回歸年也是不可通約的。

古埃及曆的一年含有整 365 日。紀元前 46 年儒略凱撒在羅馬實施了一種曆,後來叫做儒略曆。

在儒略曆法裏,有三年是 365 日而第四年(閏年)是 366 日。這額外的一天——2 月 29 日——是放在可以被 4 整除的年份內。但這種曆法也不和太陽視運動及四季更替完全符合一致。十六世紀末葉時日曆比天文現象後退了十天之多。1852 年採用了以羅馬教皇格里

* 從此,開始把曆年假定地分爲十二個月,而如今這些月和月亮的運動並無關係。

果瑞第八命名的格里曆，並改正了這十天的變化，即1582年10月4日的第二天卽刻便當作10月15日，此後凡世紀終了的年份（例如1800，1900等）除了可被400整除的年份（例如1600，2000）外，均不置閏；其餘的均算作平年（365日）。格里曆和回歸年相差甚小，小到3300年僅差一天。在此之後有些國家仍繼續使用了儒略曆，俄國便是其中之一，並取用了“舊曆”的名稱，而格里曆叫做“新曆”。十七世紀時新曆和舊曆間差了10天，十八世紀差了11天了，十九世紀差了12天，二十世紀差了13天。

偉大的十月社會主義革命之後，卽1918年，蘇聯開始採用新曆。

天文學家和歷史學家廣泛地使用一種特殊的時間計算法——儒略日（參閱194頁）。

3. 歲　差

太陽在365.2422平太陽日沿黃道走完了它的視軌道，再回到春分點便是一回歸年。一回歸年略短於一恆星年*（365.2564日），因爲春分點沿着黃道向着太陽移動，卽由東向西移。這一現象早已爲依巴谷（紀元前180—110年）所發現，稱爲歲差或春分點進動。

歲差是由於下述原因而產生：地球不是正球體，而是橢球體，兩極扁平而赤道延伸（圖112）。圖設地球球體K和一種赤道環形物AA'組成，一般地說，月亮和太陽在黃道附近而不在對稱面AA'上。當赤道環形物A'部離月亮或太陽越近時，其所受的吸引力就越比A部所受的大，這樣就造成了一種力，使PP'軸如圖示的箭矢方向轉動；但地球本身又繞軸PP'自轉。這兩種轉動相合的

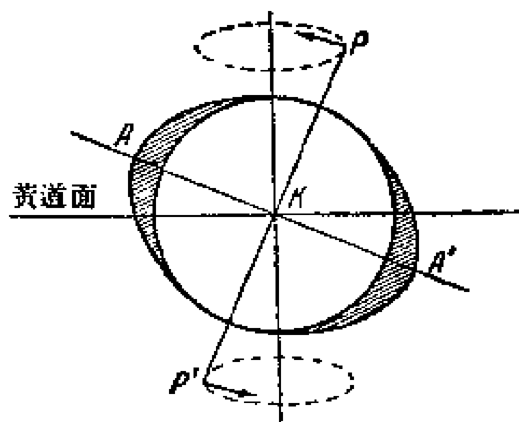


圖112. 歲差的解釋

* 恆星年是太陽在天球上視運動以恆星方位爲準再回到一方位的時間。

結果，地軸便畫出以地心爲頂點的圓錐形來。

天球北極以黃極爲心在天球上畫一小圓*，天極和黃極相距 $\varepsilon = 23\frac{1}{2}^{\circ}$（圖 113）。春分點也對應地沿着黃道移動，每年移動 50″.37。這便是日月歲差。此外，各行星對地球吸引作用的總和也使春分點發生一些移動。在這種場合下，地球的形態並不受影響，但衆行星吸引整個地球，使地球軌道發生某些微小的變化，即令黃道面本身位置發生變化。行星歲差使春分點每年東移 0″.13。在總歲差作用下，春分點每年西移 50″.24，約 26,000 年行一整周。天球北極也以同一周期繞黃極在天球上畫一小圓。現在天球北極是在北極星附近（圖 98）；2,100 年時天球北極和北極星二者的距離將僅達 28″，然後天球北極將漸漸離開北極星；7,500 年後，仙王座 α 星應該稱爲北極星了，而 13,500 年後則織女星（天琴座 α 星）將成爲我們的北極星。

黃赤交角（ε）也有不大的變幅，其變化於 22°59′ 和 24°36′ 的範圍內。在今日 $\varepsilon = 23°27'$ 並將繼續每年減少 0″.54。

由於歲差的原因而使恆星的赤道坐標 α 和 δ 不斷地變化．恆星的黃經也同樣地變化。所以當談到天體的坐標時，完全應該指出它是那一年的，或如一般所指是對那一曆元的。普通常用的是對於某一年春分點的平均坐標。例如在 A. A. 米哈依洛夫教授所編的“恆星星表”（1952 年版）裏，所有恆星的方位都是 1900 年曆元的。要把坐標由一曆元轉到另一曆元時，可用精確的或近似的歲差公式，或查專門用表。

表 XXXVII 列出歲差近似值。表 XLI 列出全部 $4^m.0$ 以上恆星的 1900 年平均位置，至於 1900 以後的年份，每一坐標的改正量可由下法算出：自表 XXXVII 查出歲差數值乘以兩曆元之差，並和起初的坐標相加，相加時要連同表內指出的正負符號；對於 1900 以前的年份，取改正量時應附以相反的符號。例如，獅子座 α 星（軒轅十四）

* 因黃極也在天球上移動，故精確地說，天球極點不是畫一個小圓，而是較複雜的曲線（參閱圖 113）。

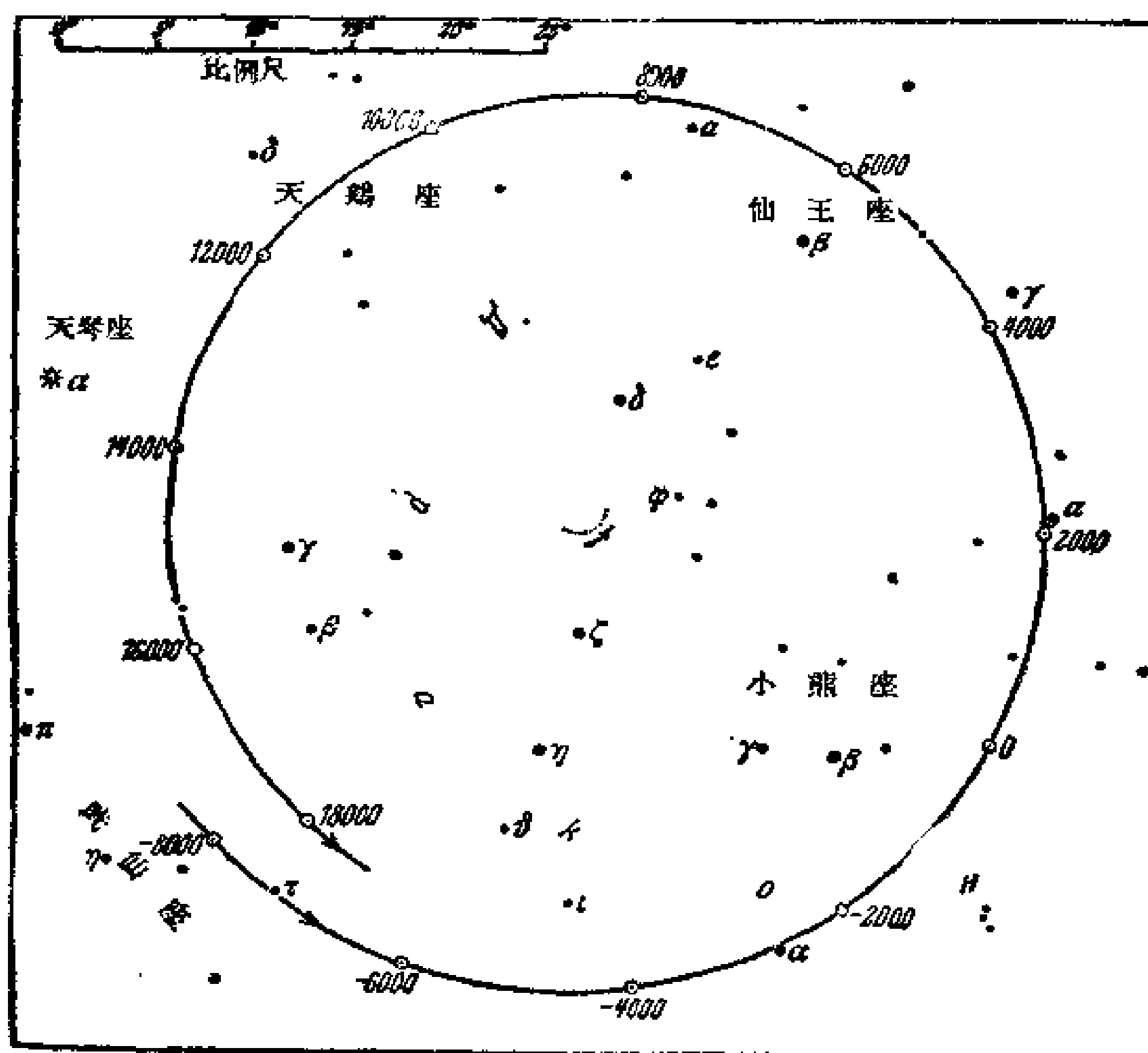


圖 113. 26000 年內天球北極在恒星間的移動

在 1905 年的平均坐標是:

$$\alpha = 10^{\text{時}}3^{\text{分}}.0 + 3^{\text{秒}}.21 \times 5 = 10^{\text{時}}3^{\text{分}}.3,$$

$$\delta = +12^\circ 27' + (-17''.6) \times 5 = +12^\circ 26'.$$

由 1900 年曆元(許多星圖和星表的曆元)近似地換爲 1950 年曆元時,爲了減輕演算,可用表 XXXVIII,其中刊出每種坐標百年內的歲差。

可用下列近似式由一曆元的坐標較精確地換算爲另一曆元的坐標:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_t &= \alpha_{t0} + p_\alpha^{秒}(t - t_0), \\ \delta_t &= \delta_{t0} + p_\delta''(t - t_0), \end{aligned}\right\} \qquad (28)$$

式中 $P_\alpha^{秒}$ 和 P_δ'' 是赤經年歲差和赤緯年歲差，可由下式得出：

$$p_\alpha^{秒} = 3^{秒}.07327 + 1^{秒}.33617 \sin\alpha \tan\delta,$$

$$p_\delta'' = 20''.0426 \cos\alpha;$$

式中 α 和 δ 相應於 1900.0 年曆元。

地軸除了歲差的移動以外，還有許多短周期的變幅。其中最大的一種，周期約爲 18.6 年。因而天極在天球上畫一橢圓，其長軸常常指向黃極並等於 18″.42，而短軸等於 13″.72。這一現象叫做章動（布拉德雷於 1747 年發現）。章動常數等於章動橢圓的半長軸，即 9″.21（圖 114）。章動現象由於某些吸引力而產生，特別是月球對於地球橢

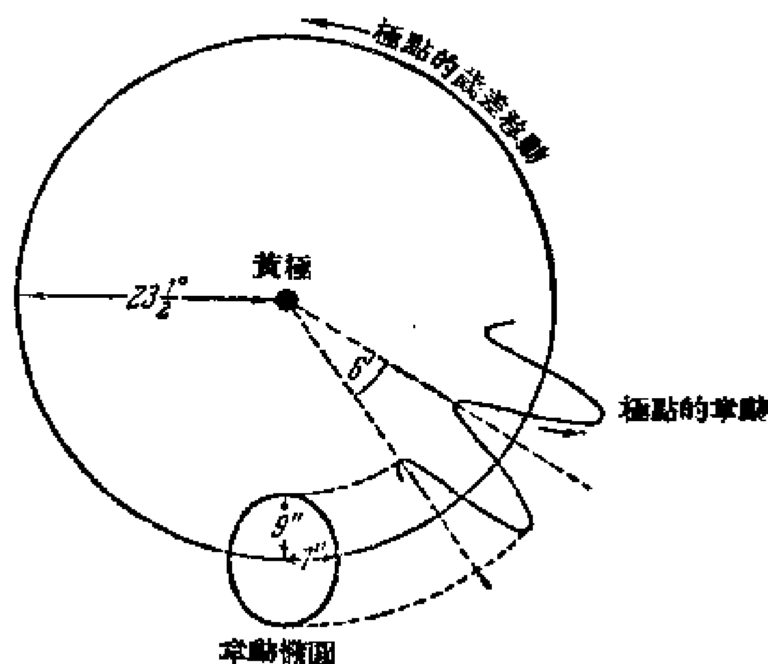


圖 114. 地軸的章動

球體的吸力。故章動周期和黃白道交點線的移動周期一致（參閱 200 頁）。

所以，在任何一定時刻要測定恆星的精確方位除必須計算歲差

之外，還要計算章動、光行差（周年的和周日的）*、自行和視差動（對有較大周年視差的恆星），這樣我們才得出恆星的精確視位置。

4. 月亮的運動。食

月亮和太陽一樣從西向東在恆星之間運動，它每天在天上大約平均移動 13°。這種視運動是月亮繞地球旋轉的眞運動的反映。月亮運動的軌道爲橢圓形，橢圓的偏心率等於 0°.055，月亮軌道上離地球最近的一點稱爲近地點，最遠的一點稱爲遠地點；聯結這兩點的直線稱爲月亮軌道的拱線。

圖 115 表示月亮繞太陽的運動。月亮的軌道永遠凹向太陽；只是彎曲的程度隨月相而變**。

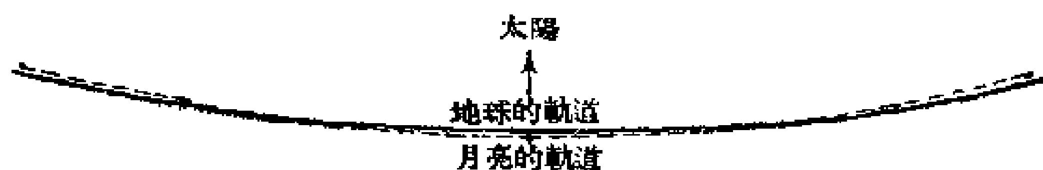


圖 115. 月亮對太陽運動的軌道

月亮軌道面與黃道面相交成一個小的角度(5°9′)。月亮在天球上運動，對於恆星來說，轉回原來的位置平均需要 27.3217 平日，卽 27 日 7 時 43 分 12秒，這稱爲恆星月。月亮的形狀由於繞地球公轉，按下列的月相次序不斷改變：新月、上弦、滿月和下弦。月相改變的週期，卽月亮相對於太陽來說，轉回原來的位置，稱爲朔望月，朔望月比恆星月長，平均爲 29.5306 天，卽 29 日 12 時 44 分 3 秒。經過 27.32 天，卽一個恆星月，太陽向東移動約 27°，還需要 2.29 天，月亮才能追上太陽（圖 116）。恆星月的長度 T 與朔望月長度 S 之間的關係由下列會合運動方程決定：

---

* 周日光行差對於地球赤道上的觀測者達其最大值，卽 0″.31；對於地球兩極點的觀測者，便等於零。

** 見 19 頁 * 註。

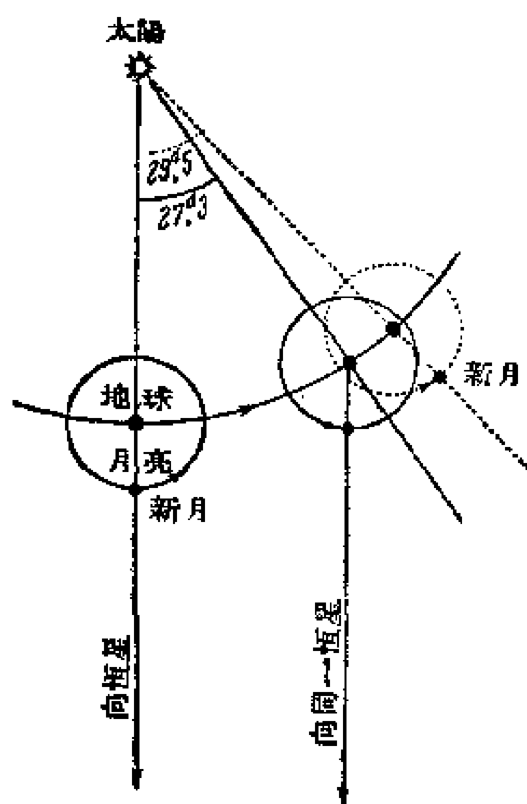


圖 116. 朔望月與恆星月之間的差別

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{E}, \tag{29}$$

式中 E 爲恆星年的長度。

白道（月亮之視軌道——譯者）與黃道的交點稱爲白道的升交點和降交點。在升交點（☊）月亮移到黃道以北的天球部分。和二分點相似，月亮的升交點和降交點在衆星間位置并不是不變的，而是向與月亮運動相反的方向（卽由東向西）以每年大約 19°.3 的速度沿着黃道移動，每 18.6 年在黃道上轉一周。在 1950 年 1 月 1 日白道升交點的經度爲 12°.1。

月亮連續兩次轉到白道上同一交點之間的時期稱爲**交點月**，等於 27.2122 日。白道與黃道的傾角有週期性的變化（由 4°58′ 變到 5°20′）。白道的遠地點和近地點由西向東移動，每 9 年沿白道繞行一周。在 1950 年 1 月 1 日白道近地點的經度等於 208°.8，近地點的經度每年變動 +40°.7。

日月食的週期性與交點線和拱線的運動有關。月亮運動的理論非常複雜，至少需要考慮十四個能够改變白道根數和影響月亮運動的因素。

食 與太陽和月亮有關的最顯著的天文現象之一就是日食和月食。在日食的時候，從日面西邊緣開始食，虧損部分逐漸向東推進*，偏食過程中間，食分達最大值；在全食時，有一段時間太陽完全被月

* 月亮圓面的運動與太陽在天空的位置有關，有時可以與地平線成相當大的角度。但總是從西邊緣移向東邊緣。

亮圓面遮住，在月亮月面周圍可見日冕（圖 19）。有時月亮的視圓面比太陽的視圓面小，所以甚至在中心食（卽在太陽與月亮的圓面中心相合的條件下）月亮還不能完全遮住太陽，這時在月亮的暗黑圓面周圍出現環形的太陽閃閃發光（這是環食）。在環食的情形下，月影錐體的頂點沒有達到地球表面。

全食所歷的時間或環食時環的寬度都由太陽圓面和月亮圓面的視（角）直徑的比値決定，這與地球和月亮在它們的橢圓形軌道上的位置有關。顯然可見，如果在日食的那一天地球靠近黃道的遠日點，而月亮靠近近地點，在這種情形下全食的時間最長。在全食開始前幾秒鐘和在全食終了後幾秒鐘內可以看到狹窄鐮刀形的太陽，它分裂爲許多發光點，好像是圍繞在月面周圍的項圈，稱爲“倍里（Baily）珠”，卽是在月面起伏不平的邊緣所看到的太陽圓面。

月食由滿月的東邊開始虧損。月亮愈來愈多地進入地球的影子中，在全食時直接來自太陽的光線完全被地球遮住。但是一部分太陽光在地球大氣中折射，繞過地球，射到月亮表面上而造成一種特殊的顏色。

浸入地影中的月亮的顏色與地球大氣的狀況有關，也和對許多地球物理現象都有必然影響的太陽活動情況有聯系。地影的邊緣常呈淺藍和靑綠色。月食的時間長度與月亮軌道相對於地影的位置，以及當時在月亮附近地影與月亮本身相比的大小有關（參閱 268 頁）。

只有當太陽在月亮的升降交點附近（距離不超過 18°）時，才可能有日食發生*。

如果在太陽經過這段區域時月亮追上太陽，便發生日食。因爲太陽經過這段區域平均需要 36 天，而這比朔望月（29日.32）長一些，所以在這一段時期中一定會發生一次食，並且還可能發生兩次食，其中一次在這個 36 天的週期開始，另一次在末尾。半年以後，太陽經

* 當距離小於 15° 時一定發生食。

過第二個交點附近的同一段區域，這時又發生一次或兩次日食。因爲白道的交點按照與太陽運動相反的方向沿黃道移動，所以太陽回到同一交點比回歸年早一些，即經過一個交點年。

因此，在最適當的情況下，當前兩次食發生在一年剛開始的時候，而隨後的兩次在年的中間，那麽，在十二月還可能發生一次日食，這樣說來，在一年裏面最多可能的日食次數是五次，最少是兩次。

當太陽在一個交點附近（距離不超過 11°）*，而月亮在另一個交點附近時，便會發生月食。在這種情形下太陽經過食區需要 22 天，這比朔望月短，因此月食可能一次也不發生**。這樣說來，在一年裏面可能連一次月食也沒有，而月食最多的次數是一年三次。一年中日月食的總數不能超過七次：或者是五次日食和兩次月食，或者是四次日食和三次月食。從這裏可以看出，日食還不能算是太稀有的現象；日食比月食還多一些。可是，爲什麽一個人在一生中見到月食的次數會比日食多得多呢？這是由於月食時在對向月亮的半個地球都可以看見，而日食時只有在比較狹窄的食區（圖 117）內才能見到。

日食的開始時刻稱爲初虧，這時月亮圓周第一次出現在日面西邊緣。食既是表示全食到來的時刻，即是月亮的東邊緣與太陽圓面的東邊緣相切。在生光以後全食終了——在月亮圓面西邊緣附近出現極狹窄的鐮刀形的明亮的太陽。復圓是日食終了的時刻（圖 119）。環食也有這樣的四個階段。如果是偏食，顯然只有兩個階段：初虧和復圓。在全食或環食的狹窄的見食地區外面，一直到月亮半影在地面上所掃過的地區的南面或北面邊緣，只能看到偏食。偏食有一定的食分，用在虧食最大時被食掉部分的圓面直徑與整個直徑之比來表示（圖 120）。

日月食的全部情況（各個階段的時刻，食分，地球上各地的見食情況，食現象的時間長度）都預先算好，并刊載在天文曆書或專用的

* 當距離小於 9°.5 時一定發生食。

** 最近一次沒有月食的年份爲 1962 年。

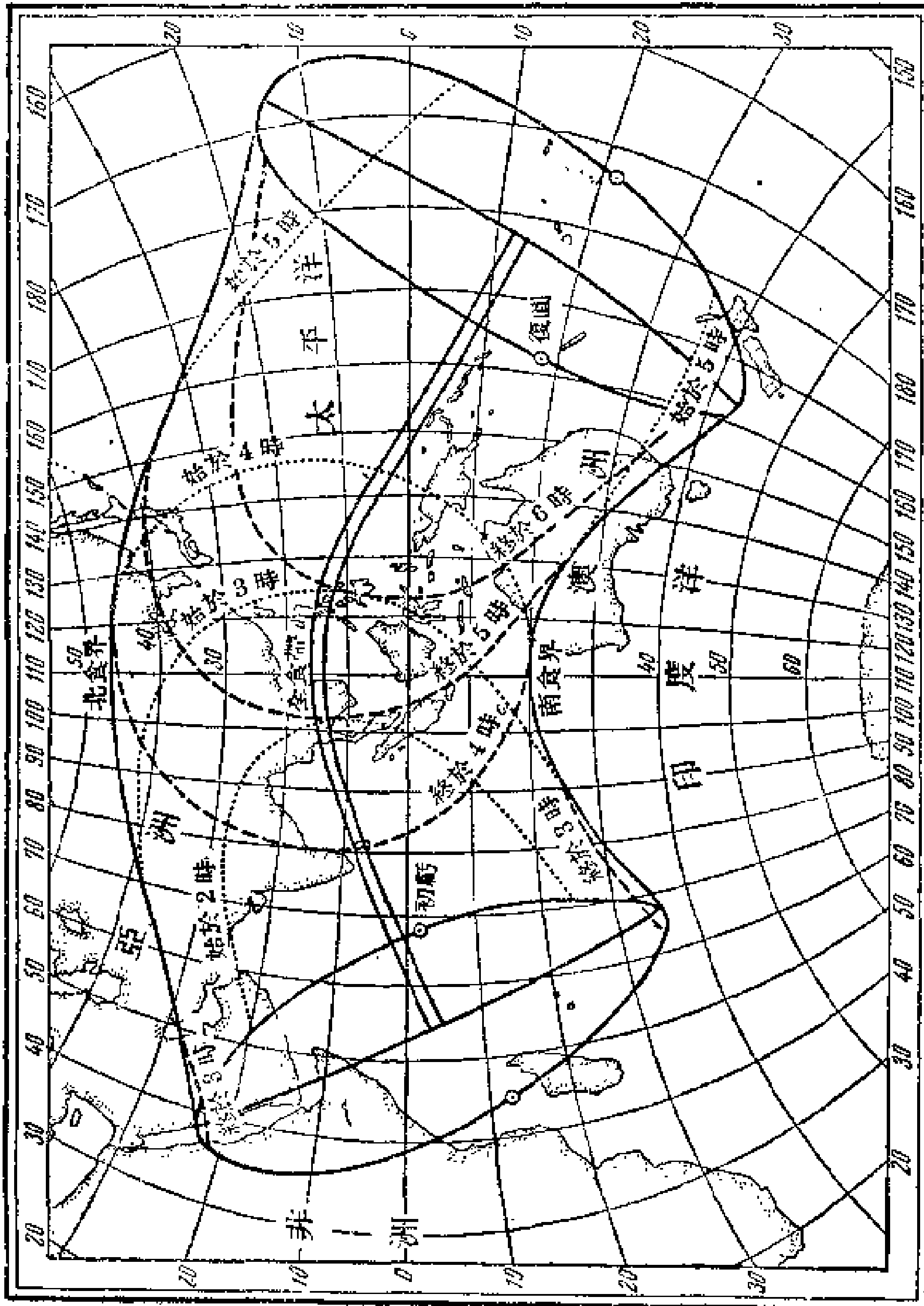


圖 117. 1955 年 6 月 20 日日全食地圖

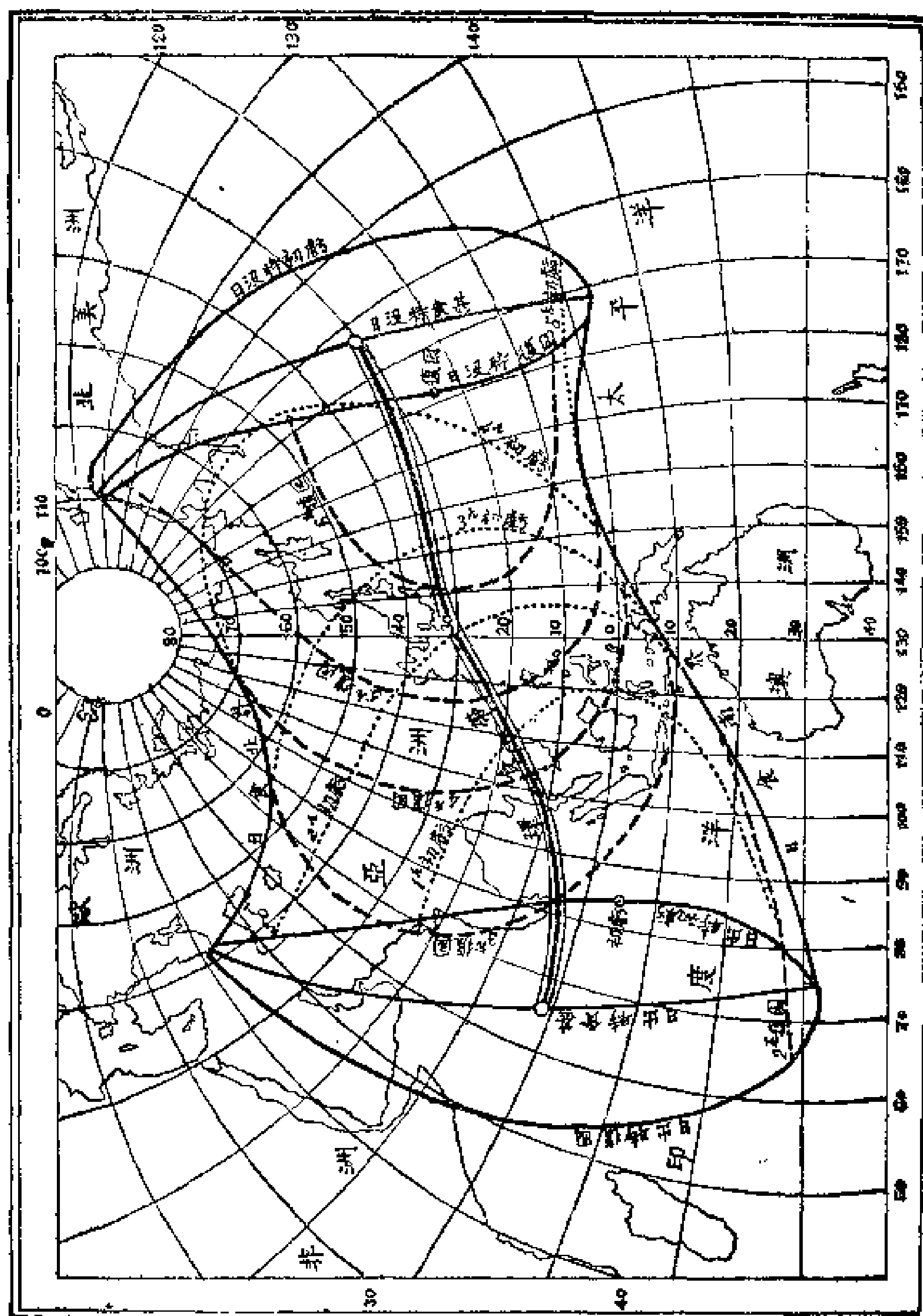


圖118. 1958年日環食圖

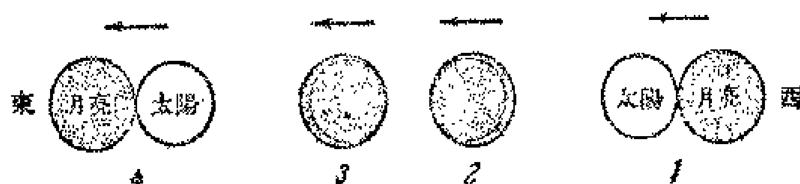


圖 119. 日全食的四個階段

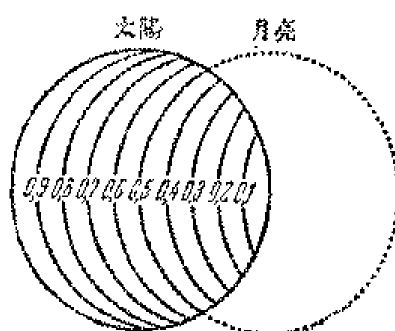


圖 120. 日食食分

刊物中。

由於月亮運動的複雜性和設法改進月亮運動理論的必要性，精確測定各次日月食的各個接觸時刻并以之與預先算出的時刻相比較，就成爲很重要的工作。

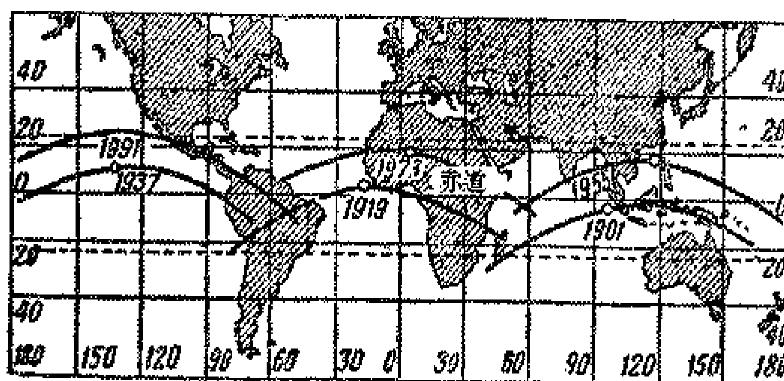


圖 121. 日食的周期性
日食帶每 18 年的移動。

古代的天文學家已經注意到日月食輪迴出現的嚴密秩序。他們查覺出每經過 18 年又 11 天(如果在這段時期中有 5 個閏年，就成爲

18 年 10 天）日食和月食又依次出現。這個周期（稱爲沙羅周期）包含：

19 個交點年(每個交點年爲 346 日.620063)＝6585日.7812,
223 個朔望月(每個朔望月爲 29 .530588)＝6585 .3211,
242 個交點月(每個交點月爲 27 .212220)＝6585 .3572,
239 個近點月(每個近點月爲 27 .554550)＝6585 .5372.

在這段時期中平均發生 71 次食：43 次日食 28 次月食。

表 26 載有到 1975 年爲止在蘇聯境內可以看見的日食，表 27 爲同一時期內在蘇聯境內可以看到的月全食。

表 26　蘇聯境內直到 1975 年爲止可見的日食

日期	種類	可見地
1954 年 6 月 30 日	全食	明斯克，徹爾尼郭夫，哈爾科夫，北高加索，裏海。
1956 年 12 月 2 日	偏食	蘇聯之歐洲部分，西西伯利亞。
1957 年 4 月 30 日	環食	北伯紹拉河，新地島。
1961 年 2 月 15 日	全食	克里米亞，斯大林格勒，西西伯利亞。
1963 年 7 月 20 日	全食	西伯利亞。
1966 年 5 月 20 日	環食	黑海，北高加索，哈薩克斯坦。
1968 年 9 月 22 日	全食	新地島，西西伯利亞，哈薩克斯坦(巴爾哈什)。
1971 年 2 月 25 日	偏食	蘇聯之歐洲部分，西西伯利亞。
1975 年 5 月 11 日	偏食	蘇聯之歐洲部分，西伯利亞。

表 27　蘇聯境內直到 1975 年爲止可見的月食

日期	偏食所歷之時間	全食所歷之時間
1954 年 1 月 19 日	3.4 小時	0.6 小時
1957 年 5 月 14 日	3.6	1.3
1957 年 11 月 7 日	3.3	0.5
1964 年 12 月 19 日	3.5	1.1
1971 年 8 月 6 日	3.7	1.7
1974 年 11 月 29 日	3.5	1.3
1975 年 11 月 19 日	3.4	0.8

5. 行星的運動

行星在恆星之間的視運動具有特殊的性質（圓圈形），這在古代已經知道：行星按與天球週日運動相反的方向順行，經過"留"以後變

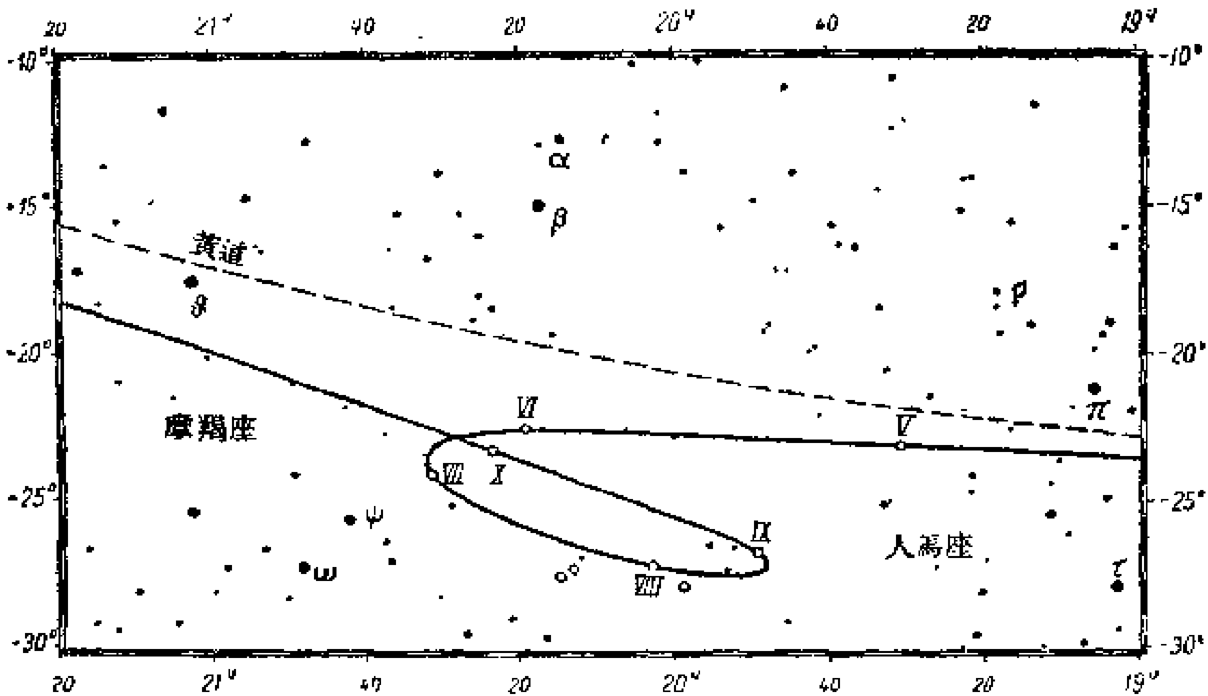


圖 122. 火星在 1939 年中的視運動

成逆行，以後又重新繼續順行（圖 122）。行星離地球愈遠，逆行的弧圈愈小。在托勒玫的地心系統中用複雜的本輪系統來解釋行星的環形運動（參閱 3 頁）。哥白尼的日心系統很自然地解釋了從運動中的地球所觀測到的行星運動。

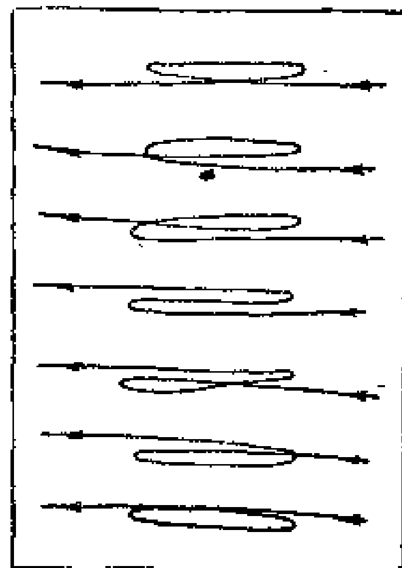


圖 123. 行星逆行弧線的各種類型

按照行星軌道相對於地球軌道的位置，行星分爲內行星和外行星。內行星——即是軌道在地球軌道之內的行星：水星和金星。所有其他的行星都是外行星。

就相對於太陽的視位置來說，內行星可以形成下列的位置圖(圖124)：下合(行星位於太陽和地球之間，這時地心經度之差等於0°)，上合(行星位於太陽外面)、西距角和東距角(行星離太陽達某個角距離)。水星最大的距角爲28°，金星爲48°。由圖125容易了解，水星的最大距角與在距角時的水星軌道和地球軌道的相對位置有關。由於水星軌道的偏心率相當大，這個角度可以由17°30′變化到27°45′。

圖124. 行星位置圖。對內行星
a—東距角；b—下合；c—西距角；d—上合。

在下合的時候偶爾可以觀測到一種非常罕見的現象——行星淩日。金星淩日每幾年發生一次，水星淩日更難見到。上次金星淩日在1882年，最近的兩次在2004年6月7日和2012年6月5日。最近的水星淩日在：1953年11月14日，1960年11月7日，1970年5月8日，1973年11月9日，1986年11月12日，1993年11月5日，1999年11月15日。

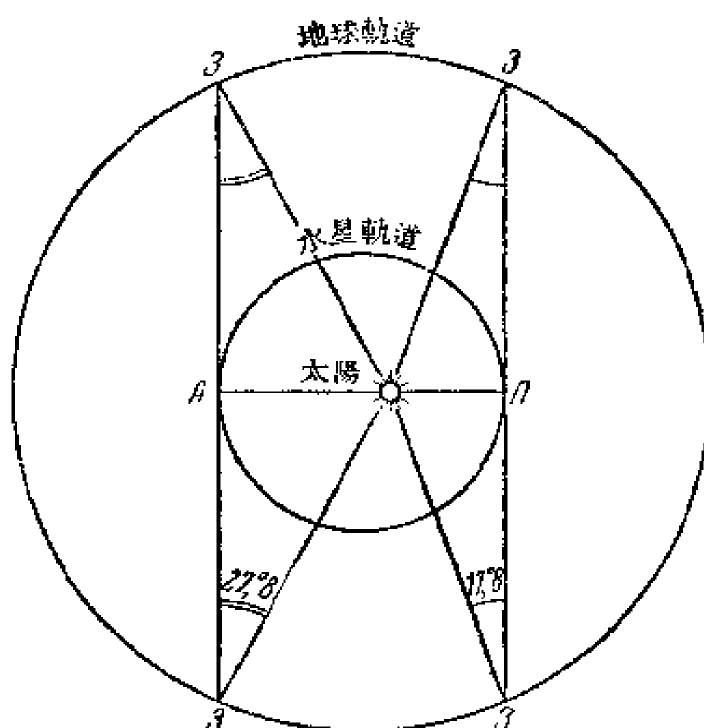


圖 125. 距角不同大小的解釋

外行星在衝（地球位於太陽與行星之間）的時候與太陽相合，當行星方向與太陽方向成直角的時候是爲東方照或西方照。

內行星在恆星間的順行比太陽運動要快一些，因此在上合以後行星出現在太陽的東方，這時成爲昏星。在下合以後行星進入西距角，這時只有在早上日出以前才能看到。

外行星在恆星間的運行比太陽慢，因此在合以後行星出現在太陽的西面。行星繼續在恆星間向東順行，離太陽愈來愈遠，隨後開始逆行，軌道成圓圈形或"之"字形（參閱圖 123）。在逆行弧線的中點發生衝。行星距離愈遠，圓圈愈小。

觀測內行星最好的時候是在大距，觀測外行星最好的時候是在衝。兩次發生同一種行星現象（例如由一次衝到下一次衝）之間的時間 S 稱爲行星公轉的會合週期。行星繞太陽公轉一整周的周期稱爲行星公轉的恆星周期。這兩種周期之間的關係由會合運動方程式（與月亮的會合運動方程式相似）決定：

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{E}\quad（適用於內行星）\tag{30}$$

或
$$\frac{1}{S}=\frac{1}{E}-\frac{1}{T}\quad（適用於外行星），\tag{31}$$

式中 E 爲恆星年。會合周期可以由觀測求得，利用上列方程式便可以求出行星繞太陽公轉的恆星周期*。例如，由金星距角的觀測求得公轉的會合週期等於 583 日.92。代 $E=365.25$ 和 $S=583.92$ 入會合運動方程式，得 $T=224.7$ 天。

行星在空間繞太陽運動遵循下列的克普勒三定律：

1. 行星在經過太陽的平面上作橢圓運動；太陽位於橢圓的焦點之一。

2. 行星繞太陽運動時，它的向徑在相等的時間內掃過的面積相等。

3. 太陽系內所有行星的公轉周期的平方與行星到太陽距離的立方之比爲一常數：

$$\frac{T_1^2}{a_1^3}=\frac{T_2^2}{a_2^3}=\frac{4\pi^2}{k^2\mathfrak{M}_\odot},\tag{32}$$

由此可以得出克普勒第三定律的另一種表示法：

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{a_1^3}{a_2^3},\tag{32'}$$

卽兩個行星繞太陽公轉所需時間的平方與行星軌道半長軸的立方成正比。係數 k^2 的意義見後。

在牛頓發現萬有引力定律後，應用萬有引力定律來研究行星運動的普遍理論（見後）便發現天體的軌道不僅可能是橢圓形而且可以

---

* 表 XIV 中所列的行星公轉會合周期爲平均值。任一會合周期的長度都與地球和行星軌道的偏心率及其半長軸的相對位置有關。例如，火星的平均會合周期爲 780 天，但實際可以從 765 天變化到 811 天。要使誤差不超過 10 天而大部分都小於 5 天，則火星的會合周期可以用下列公式表示：$S=811-0.27\,x$，式中 x 爲衝的日期與最近於 7 月 16 日之間的日數。

是任何一種圓錐曲線，即圓，橢圓，拋物線或雙曲線(參閱165頁)。

萬有引力定律認爲所有的質點都互相吸引，吸引力與質點的質量成正比，與質點間距離的平方成反比：

$$F = k^2 \frac{\mathfrak{M}_1 \mathfrak{M}_2}{r^2}, \tag{33}$$

式中 k^2 爲與所用單位有關的一個係數；其數值可以由很精細很繁難的物理實驗求得。

如果取太陽的質量爲一個單位質量，太陽和地球間的平均距離爲一個單位長度，並取平均太陽日作爲時間單位，則得 k^2 的數值爲：

$$k^2 = 0.000295913 \quad 或 \quad k = 0.0172021.$$

如果取厘米，克，秒作量度單位，則得太陽的質量等於 1.980×10^{33} 克，天文單位等於 149.5×10^{11} 厘米，一天有 86400 秒，於是得：

$$k^2 = 6.679 \times 10^{-8}.$$

克普勒三定律都可以從牛頓定律嚴格地推導出，把行星的質量也考慮在內，即得與實際情況相近似的克普勒第三定律公式：

$$\frac{T_1^2}{a_1^3(\mathfrak{M}_\odot + m_1)} = \frac{T_2^2}{a_2^3(\mathfrak{M}_\odot + m_2)}. \tag{34}$$

這個寫成普遍形式的克普勒定律對所有天體運動都是正確的，它包括中心天體的質量(例如，太陽的質量 $\mathfrak{M}_\odot$)以及第三定律中天體的週期，半長軸和質量。

這個公式可以應用於太陽系內任何兩個天體(其中一個物體繞另一物體旋轉)，利用這個公式可以定出帶有衛星的行星質量。

應用這個公式於地球繞太陽的運動($T_1 = 1$ 年，$a_1 = 1$ 天文單位)以及月亮繞地球的運動($T_2 = 0.0694$ 年，$a_2 = 0.002571$ 天文單位)，可以列出下列關係：

$$\frac{\mathfrak{M}_\odot + m_\text{♁}}{m_\text{♁} + m_\text{☾}} \frac{1^2}{(0.0694)^2} = \frac{1^3}{(0.002571)^3}.$$

在分子中，因地球的質量和太陽的質量相比很小，可以略去，而在分母中月亮的質量比地球的質量很小，也可以略去，於是得：

$$\frac{\mathfrak{M}_{\odot}}{m_{\text{♁}}}=329{,}228^{*}.$$

因此，由實驗室工作［例如，卡溫迪士(Cavendish)的扭秤實驗，馮約利(Von Jolly)的秤實驗］，已經測出 $m_{\text{♁}}=6\times10^{27}$ 克，而得 $\mathfrak{M}_{\odot}=2\times10^{33}$ 克。

把這個方法應用於其他質量爲 m_n 並帶有衛星的行星，可以定出比值 $\frac{\mathfrak{M}_{\odot}}{m_n}$。已知 $\mathfrak{M}_{\odot}$，便可以算出 m_n，對於沒有衛星的行星，則只能由分析它對其他行星或彗星的擾動(見後)求出其質量。關於月亮質量的測定可以參閱第 19 頁的附註。

我們將這個公式應用於雙星，就可以得到恆星質量的知識(參閱 112 頁)。

在天體力學中行星繞日運動屬於二體問題。這個問題的普遍形式可以敍述如下：兩個已知質量的球體相互吸引；已知它們在某一時刻的位置和速度；經過一段時間後它們的位置和速度是怎樣的？換句話說，它們的運動是怎麼一種情況呢？正如上面已經談到的，它們的運動服從克普勒定律。

二體運動的計算是一個比較簡單的問題。我們假定已知三個物體在一定時刻的質量、距離和速度，現在要計算它們在今後的距離和速度，這個三體問題則是極爲複雜。三體問題的實際可用的普遍解法，一直到現在還沒有求出。只有在某些特殊情況下，當物體都在同一平面上運動並且一個物體的質量與其他兩個物體的質量相比可以省略時，才能得到精確的答案。這個答案對研究脫羅央羣小行星(第 54 頁)的運動有實際的用處，這是三體問題的一個特例：太陽—木星—小行星。如果我們要考慮四個以上物體的多體問題，例如包括千萬個物體的太陽系，問題則還更複雜。

太陽的質量比太陽系內所有其他物體質量的總和還大 750 倍，這就使得太陽系內天體的軌道和星曆表的計算大大簡化。首先算出

* 地球的質量約爲太陽質量的 3/1,000,000。

任一天體在二體問題範疇內的近似軌道（無攝動運動），然後進一步考慮由太陽系內其他成員（首先是木星和土星）的吸引對這個軌道所產生的攝動，這樣就求得在所需精確程度內天體的軌道和運動（受攝運動）。

理論天文學詳細研究行星軌道根數的計算方法（見後），幷根據觀測數據預先算出星曆表（參閱 214 頁）。

行星軌道根數 行星在空間的位置可以由六個軌道根數決定，其中五個是幾何因素，一個是動力學因素。這些根數是（圖 126）：軌道傾角 i——行星軌道面與黃道面的交角；軌道升交點的日心經度☊*；近日點到交點的距離 ω；半長軸 a；偏心率 e；在時間 t_0 或在過近日點時刻 T_0 的平近點角 M_0。平近點角是一個輔助量，等於行星在過近日點後所經過的弧長，這時假定行星在圓形軌道上作等速運動，並在行星的公轉時間 P 內走一整周。

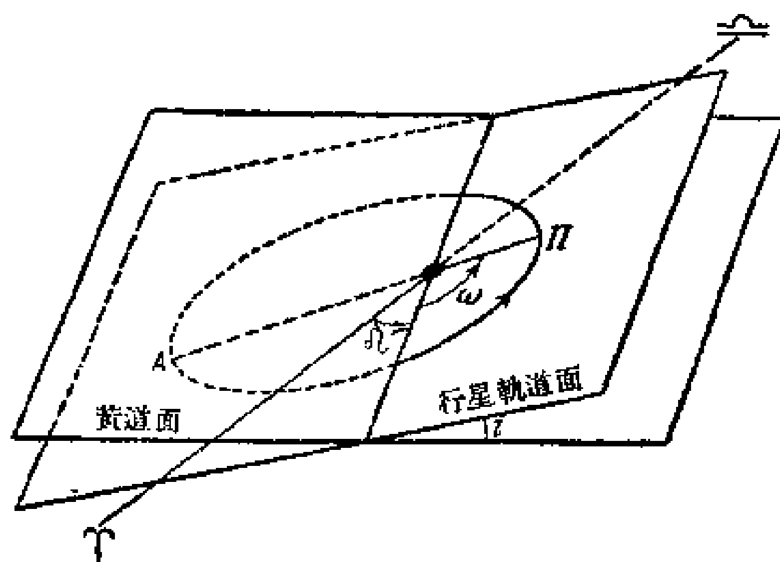


圖 126. 行星軌道根數

如果 $\frac{360°}{P}$ 稱爲行星的周日平均運動，令 T_0 爲通過近日點的時刻，則在時刻 t 的平近點角 M 爲 $M=\frac{360°}{P}(t-T_0)$。

* 升交點☊是行星軌道面與黃道面的交點之一，在此點行星由包括黃道南極的半球進入包括黃道北極的半球。

由克普勒第三定律可以求得公轉周期(以年爲單位)爲：$P=\sqrt{a^3}$，設 a 以天文單位表示。

軌道傾角 i 可以由 $0°$ 變到 $180°$。大於 $90°$ 的 i 角則相當於軌道上的逆行。近日點與交點的距離 ω 決定軌道在軌道面上的方位，ω 卽是交點線與軌道長軸之間的交角；這個角度沿着軌道依行星由升交點到近日點的運動方向計算。

有時須列出近日點的經度 $\pi=\Omega+\omega$，如此，π 角可在兩個平面中量出：在黃道面中由 ♈ 到 Ω，在行星軌道面中由 Ω 到 Π。

軌道的形狀由偏心率 $e=\dfrac{c}{a}$ 決定，此處 c 爲橢圓中心到橢圓焦點的距離。當偏心率近於零時，軌道近於圓形；當偏心率大時，軌道成爲非常扁的橢圓形狀。有時爲了某些計算的方便採用偏心角 φ，它與偏心率的關係爲 $e=\sin\varphi$。

因爲彗星的軌道一般都很扁，在第一次近似中可認作爲拋物線，卽取 $e=1, a=\infty$。這時用近日點距離 q 可以代替這兩個根數，這就簡化了由觀測星體在恆星之間的位置來測定未知的軌道根數的問題。

若已知軌道根數，則可以解出相反的問題：預測星體在天上的位置(卽其坐標 α 和 δ)及其離地球的距離 ρ，這卽是計算星曆表。大行星和小行星及其衞星，月亮以及太陽的星曆表，日月食和其他天文現象的數據乃是天文年曆的主要內容。

星曆表的計算　有時會需要由已知的軌道根數計算小行星的星曆表，或者繼續刊佈某一個沿橢圓軌道運動的彗星的星曆表。這可以按下列方法進行。

首先，若已知軌道根數，卽 a, e, i, Ω, ω 和 T_0，我們一定可以求出行星(或彗星)在軌道面上的位置。在任一時刻 t 可以用兩個數量來表示位置：矢徑 r 和眞近點角 v*(圖 127)。它們可由下列關係求得：

* 眞近點角是軌道長軸方向與矢徑間的角度。這個角度由近日點往行星運動方向度量。

$$r\sin v=a\sqrt{1-e^2}\sin E,$$
$$r\cos v=a(\cos E-e),$$

在這兩個式子中除掉軌道根數 a 和 e 外還含有偏近點角 E。在圖 127 中 $A'NA$ 是以軌道橢圓的長軸作半徑所畫的圓（克普勒輔助圓）。經過行星 P 作長軸的垂線與圓交於 N 點。NOA 角即爲偏近點角。偏近點角可以由克普勒方程式算出：

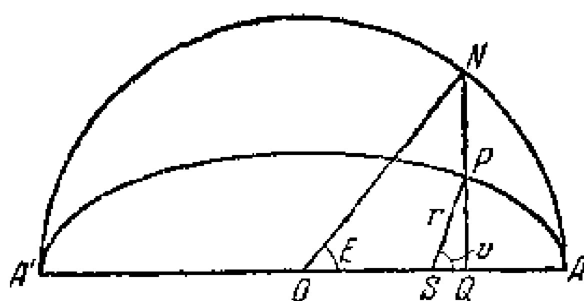


圖 127. 眞近點角 v 和偏近點角 E

$$E-e\sin E=M,$$

在這個方程式中 M 爲平近點角，而

$$M=M_0+\mu(t-t_0),$$

或當已知過近日點時間 T 時，

$$M=\mu(t-T),$$

式中 $\mu=\dfrac{360°}{P}$.

爲了使克普勒方程式的解法變簡可以使用各種圖解法以及數表；用這些方法可以由 M 和 e 立即求出 v。如果 e 不大，可以用漸近法求 E，取 E 的第一個數值就是 M，於是

$$E_1=M+e\sin M.$$

把求得的 E_1 值代入方程式便得第二次近似值：

$$E_2=M+e\sin E_1,$$

然後又得

$$E_3=M+e\sin E_2,$$

等等，一直求到 E 不再因繼續替換而改變爲止。在計算時必須注意，$e\sin E$ 以弧度表示，而 M 和 E 以度數表示。要把 $e\sin E$ 也用度數表示，應當用 57°.2958 乘 e 并在各式中都使用這個以度數表示的 e 值。

如果 e 很大，第一次近似值可以由繪圖方法求出。圖 128 表示正弦曲線 $y=\sin x$。在 Ox 軸上取線段 OP 等於平近點角 M（以弧度表示）。由 P 點作直線與 Ox 軸相交成 α 角，而 α 可由下列條件決定：

$$\cot \alpha = e.$$

由直線與正弦曲線的交點 N 作垂線 NQ。線段 OQ 即爲偏近點角 E。圖 129 也有同樣的效用。圖中繪出 E 值相同的線。由偏心率的數值 e（橫軸）和平近點角 M（縱軸）可以求出偏近點角 E（縱軸的右面標度）。當比例尺够大時用這個圖可以在圖上任何地位求得精確度達所需程度的 E 值。



圖 128. 偏近點角的測定

因此，計算的程序如下：首先在各個不同時刻 T 測定 M 值，由此求出 E，然後再計算對應的 r 和 v 值。

求出 r 和 v 後，可進而決定行星的日心直角坐標，再決定其地心坐標，最後定出在一定時刻的視坐標。

計算星曆表的結論和詳情見於理論天文學的專門教程，這裏只介紹計算星體的赤經 α、赤緯 δ 及其離地球的距離 ρ 的常用公式。

利用六個高斯(Gauss)常數：A, B, C, a, b, c 可使計算簡化，這六個常數可由已知的行星軌道根數和黃道交角 ε 按下列公式求得：

$$\left.\begin{aligned}
a \sin A &= \cos \Omega, \\
a \cos A &= -\cos i \sin \Omega, \\
b \sin B &= \sin \Omega \cos \varepsilon, \\
b \cos B &= \cos \Omega \cos i \cos \varepsilon - \sin i \sin \varepsilon, \\
c \sin C &= \sin \Omega \sin \varepsilon, \\
c \cos C &= \cos \Omega \cos i \sin \varepsilon + \sin i \cos \varepsilon,
\end{aligned}\right\} \quad (35)$$

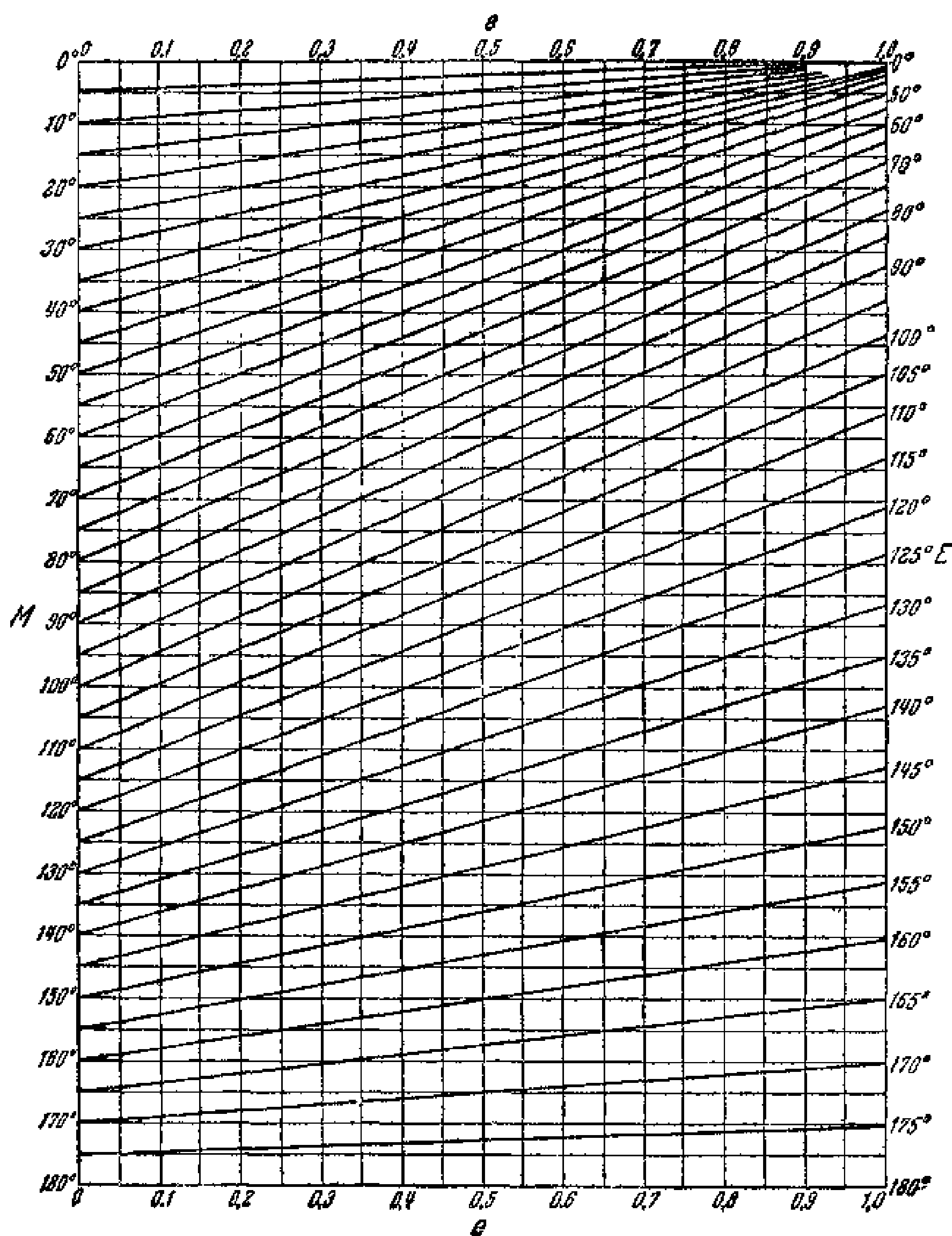


圖 129. 克普勒方程式的圖解法

式中 ε, i, Ω，以及 ω 應當歸算爲同一時刻。歲差對軌道根數的影響用下列公式表示：

$$\Omega_{1950}=\Omega_t+m-p\sin(\Omega_t+q)\cot i_t,$$

$$i_{1950}=i_t+p\cos(\Omega_t+q),$$

$$\omega_{1950}=\omega_t+p\sin(\Omega_t+q)\cos i_t.$$

若干年內的 ε, m, p 和 q 值見下表：

	ε	m	p	q
1949	23°26′45″	+0°.0140	+0°.0001	5°.604
1950	23 26 45	0.0000	0.0000	5.593
1951	23 26 44	−0.0140	−0.0001	5.581
1952	23 26 44	−0.0279	−0.0003	5.569
1953	23 26 43	−0.0419	−0.0004	5.557
1954	23 26 43	−0.0558	−0.0005	5.546
1955	23 26 42	−0.0698	−0.0006	5.534
1956	23 26 42	−0.0838	−0.0008	5.523
1957	23 26 42	−0.0977	−0.0009	5.511
1958	23 26 41	−0.1117	−0.0010	5.500
1959	23 26 41	−0.1257	−0.0012	5.488
1960	23 26 40	−0.1396	−0.0013	5.477

如果取常數 a, b, c 爲正，則角度 A, B, C 可完全由上列公式決定。爲了便於計算，引用按下列關係決定的輔助量 n 和 N：

$$\left.\begin{aligned} n\sin N&=\sin i,\\ n\cos N&=\cos\Omega\cos i,\end{aligned}\right\} \tag{36}$$

式中若 $n>0$；於是

$$b\cos B=n\cos(N+\varepsilon),$$

$$c\cos C=n\sin(N+\varepsilon).$$

要計算所有的高斯常數和輔助量，可用下列公式：

$$\left.\begin{aligned}
\tan N &= \tan i \sec \Omega, \\
n &= \sin i \csc N, \\
\tan A &= -\cot \Omega \sec i, \\
a &= \cos \Omega \csc A, \\
\tan B &= \frac{\sin \Omega \cos \varepsilon}{n \cos (N+\varepsilon)}, \\
b &= \sin \Omega \cos \varepsilon \csc B, \\
\tan C &= \frac{\sin \Omega \sin \varepsilon}{n \sin (N+\varepsilon)}, \\
c &= \sin \Omega \sin \varepsilon \csc C.
\end{aligned}\right\} \tag{37}$$

N，A，B 和 C 角所在的象限完全由這些角度的正弦和餘弦符號決定，這些角度可由關係式(35)和(36)定出。

用下列公式可以驗證高斯常數的計算是否正確：

$$\frac{bc \sin (B-C)}{a \cos A} = -\tan i. \tag{38}$$

行星在某一時刻 t 的赤經 α*，赤緯 δ 和距離 ρ 可由下列公式決定：

$$\left.\begin{aligned}
\tan \alpha &= \frac{rb \sin(B+\omega+v)+Y_0}{ra \sin(A+\omega+v)+X_0}, \\
\tan \delta &= \frac{rc \sin(C+\omega+v)+Z_0}{rb \sin(B+\omega+v)+Y_0} \sin \alpha, \\
\rho &= \csc \delta \,[rc \sin(C+\omega+v)+Z_0],
\end{aligned}\right\} \tag{39}$$

式中 X_0，Y_0 和 Z_0 為太陽的直角坐標，可由天文年曆查出每一天的數值，在表 XXI 中用簡化方式載出。

上述方法適用於最精確的計算，但把計算與觀測相比較時必須計及歲差、章動、視差和光行差對星體坐標的影響，為此，天文年曆中載有專表，可以用特殊公式簡化計算。

---

* 決定 α 角在那一個象限可以按下列的辦法：分子的符號與 $\sin \alpha$ 的符號相同，而分母的符號與 $\cos \alpha$ 的符號相同。

對許多彗星來說，可第一次近似地認為它是在拋物線軌道上運動而計算其星曆表。在這種情形下需要決定的軌道根數只有五個：q, i, Ω, ω 和 T_0，其間的關係為：

$$M = q^{-3/2}(t-T),$$

$$\tan\frac{v}{2} + \frac{1}{3}\tan^3\frac{v}{2} = \frac{k}{\sqrt{2}\,q^{3/2}}(t-T) = \frac{k}{\sqrt{2}}M,\quad r = \frac{q}{\cos^2\frac{v}{2}},$$

式中 T 為過近日點時間，q 為近日距，$k=0.0172$（高斯常數）。

星曆表的其他計算可按上述方法進行。對拋物線軌道的和 M 有關的 $\tan\frac{v}{2}$ 數值，已有專用數表可查［例如參考 А. Я. 奧爾洛夫和 Б. А. 奧爾洛夫所著"理論天文學教程"（Курс теоретической астрономии）的表 XV］。

6. 光譜分析基礎

天體光譜的分析是現代認識宇宙的一種有力方法。

光譜分析的基本知識大約在一百年前發現。那時發現：熾熱蒸汽和氣體所輻射出的光經過玻璃三稜鏡分解成為一系列彼此分離的狹窄的亮線，即發射線，可是熾熱固體和液體以及在高壓下的氣體的光譜呈連續的彩色光帶，在光帶中一種顏色逐漸轉變成另一種顏色*。此外還發現熾熱固體或液體的光穿過任何一種化學元素的蒸汽或穿過氣體便產生含有纖細暗線（吸收線）的不連續光譜，暗線正好在這種蒸汽或氣體的發射線所在的位置。這樣說來，光譜有三種不同的形式：連續光譜，發射光譜（線光譜）和吸收光譜。

光譜中譜線的分佈和強度隨元素而異，這使得天文學家可以測

* 光譜可見區可以近似地分為下列七種顏色（"虹霓色"）：紅（波長由 770 mμ—650 mμ），橙（650—590 mμ），黃（590—550 mμ），綠（550—490 mμ），青（490—470 mμ），藍（470—450 mμ）和紫（450—380 mμ）。在這些範圍外還有光譜的紅外部分（波長大於 770 mμ）和紫外部分（波長小於 380 mμ）。

定天體大氣的化學成分。早在十九世紀初期方和斐研究并描述了太陽光譜中最顯著的吸收線；這些譜線稱爲方和斐線（圖 130）。表 28 列有太陽光譜中主要的方和斐線的波長和強度。

圖 130. 太陽光譜的方和斐線

表 28 太陽光譜的主要譜線

記號	λ	强度	元素	顏色	記號	λ	强度	元素	顏色
A	7621.3	3—25	O_2*	紅	F(H_β)	4861.341	30	H	青
	7594.1	?	*	紅		4404.8	10	Fe	藍
a	7184.6	?	H_2O*	紅	d	4383.5	15	Fe	藍
B	6870.2	0—15	O_2*	紅	G′(H_γ)	4340.477	20	H	紫
C(H_α)	6562.816	40	H	紅	f	4325.8	8	Fe	紫
α	6278.1	?	……	橙	G	4307.914	6	Fe, Ti^+	紫
D_1	5895.944	20	Na	黃	G	4307.749	3	Ca	紫
D_2	5889.977	30	Na	黃	g	4226.742	20	Ca	紫
D_3	5875.618	2	He**	黃	h(H_δ)	4101.750	40	H	紫
	5316.8	2	Fe^+***	綠	h(H_δ)	4101.685	3	Fe	紫
	5316.6	4	Sc, Fe^+	綠		4063.6	20	Fe	紫
E_1	5270.3	7	Fe, Ca	綠		4045.8	30	Fe	紫
E_2	5269.56	8	Fe	綠	H	3968.494	700	Ca^+	紫
b_1	5178.221	30	Mg	綠	K	3933.684	1000	Ca^+	紫
b_2	5172.700	20	Mg	綠	L	3820.4	25	Fe, C	紫
b_3	5169.0	4	Fe^+	綠	M	3719.9	40	Fe	紫
b_4	5167.510	5	Fe	綠	N	3581.2	30	Fe	紫
b_4	5167.330	15	Mg	綠					

* 大氣譜線(地球大氣的吸收線);其强度隨大氣狀態而變。

** 只是由色球發射的譜線。

*** 十表示一次電離的原子。

起初,人們只能使用分光鏡用目視方法研究光譜;現在天文學家們主要使用攝譜儀(可以拍攝天體光譜的儀器)。太陽光譜以及恆星光譜都是吸收光譜*。在太陽光譜中已知有 20,000 多條吸收線。

月亮和行星的光譜與太陽光譜相似,這是因爲它們的光是反射後的太陽光;只是光譜中能量的分佈曲線隨行星表面的顏色改變。此外,在某些行星的光譜中,可以看到由於行星大氣吸收所產生的新的暗線。

---

* 在某些類型的恆星光譜中除吸收線外也觀測到發射線;見後。

研究太陽和恆星的光譜不僅可以使我們了解這些星體的大氣成分，還可以測定它們的表面溫度。

爲了解決這個問題，可以用下列的主要方法。

1．研究光譜的能量分佈。假定恆星像絕對黑體(參閱 84 頁)一樣地輻射能量，即符合於普朗克定律：

$$I_\lambda \Delta\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \Delta\lambda, \qquad (40)$$

式中 I_λ 爲在波長區域 $\lambda + \Delta\lambda$ 內的輻射強度，h 爲普朗克常數，等於 6.624×10^{-27} 爾格·秒，c 爲光速，k 爲波茨曼常數，等於 1.3805×10^{-16} 爾格·度$^{-1}$，T 爲從 $-273°.16$C 算起的絕對溫度，e 爲自然對數的底，等於 2.7183。

普朗克公式常常寫成下列形狀：

$$E_\lambda = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1},$$

如果能量 E_λ 用每秒每平方厘米的爾格數來表示，波長用厘米，溫度 T 用度，則

$$c_1 = 3.740 \times 10^{-5},$$

$$c_2 = 1.4385.$$

由這個方法所定的溫度稱爲色溫度。

在各個不同的絕對溫度下絕對黑體光譜中能量分佈曲線見圖 131。輻射強度以一種相對標度表示，而波長取 300 mμ 到 1,000 mμ，由天體攝影可以知道天體光譜中能量分佈實際上是在這個範圍內。

2．光譜中能量分佈曲線極大點的波長可按維恩位移定律(參閱圖 131)測定：

$$\lambda_{max} = \frac{2897}{T}. \qquad (41)$$

如果取 λ_{max} 的單位爲毫微米(mμ)，則求得溫度的單位爲數千度。

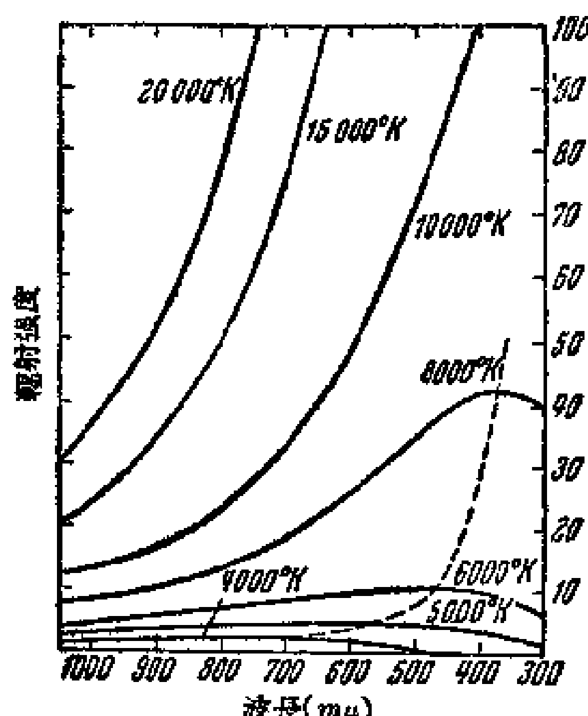


圖 131. 在不同溫度時光譜中能量的分佈曲線
可由圖中虛線看出曲線極大點(按維恩定律)的移動。

3. 在單位時間內已知大小和距離的物體的總輻射通量可用斯德方-波茨曼定律(適用於絕對黑體)測定:

$$E=\sigma T^4, \tag{42}$$

式中 E 爲在一秒中物體每平方厘米表面向一方輻射出的能量，σ 爲斯德方常數，可用實驗方法由許多已知溫度的物體的總輻射的測量而求出，等於 5.673 爾格·厘米 $^{-2}$·度 $^{-4}$·秒 $^{-1}$。用這個方法可以計算已經量出視差和角直徑的天體(例如太陽和一些恆星)的溫度。這樣求得的溫度稱爲有效溫度。

4. 詳細研究光譜，包括測量譜線的強度，并應用電離學說。電離學說是確定各種元素的原子的電離與溫度的關係。用這種方法求得的恆星溫度稱爲電離溫度。

利用攝譜儀可以測定天體在視線方向的運動速度。按都普勒-別洛波耳斯基效應當天體遠離我們或趨向我們運動時，天體光譜中所有的譜線都向紅端或紫端移動。譜線的位移 Δλ(以與光波波長

相同的單位表示)與星體視線速度(以公里/秒*表示)有下列的簡單關係:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}=\frac{V_r}{c}, \tag{43}$$

式中 c 爲光速(300,000 公里/秒)。

視線速度是星體相對於觀測者的空間總速度的兩個組成部分(分量)之一。另一個分量是星體的自行 μ,以每年若干弧秒度量,自行即是相對於其他星體或任何球面坐標系統來說星體在天球上的移動(參閱圖51)。

從恆星的自行和視線速度的研究已發現太陽在空間的運動,并已測出其運動速度;發現了恆星羣的系統運動;並研究了銀河系的自轉。A. A. 別洛波耳斯基由土星環各部分視線速度的研究證實了C. B. 科瓦列夫斯基(Ковалевский)關於土星環的流星本質的理論;研究太陽西邊緣和東邊緣譜線的位移還可以測定太陽自轉的速度。

地球繞太陽公轉造成恆星光譜中譜線的週期性位移**,其最大變幅爲 ±30 公里/秒。這個位移可用來測定日地距離 R: 地球軌道周長爲 $2\pi R$,地球繞行這個軌道一周需 $60\times60\times24\times365.24$ 秒,用地球運動速度(30 公里/秒)乘這個數字,得軌道長度;再除以 2π 便得地球軌道半徑——天文單位。現在測定明亮天體視線速度的精確度達到 ±0.1 公里/秒。因此在分析由光譜所量得的譜線位移時不僅應當考慮地球在軌道上的運動,還應當計及地球自轉的影響,地球繞重心運動的影響,甚至行星的影響。

7. 天文望遠鏡

望遠鏡可分爲兩種主要的類型: 反射望遠鏡和折射望遠鏡。近幾十年來出現了新的兼有兩類望遠鏡特徵的儀器,例如施密特照相

---

* 速度 1 公里/秒等於 10^6 年內 1 秒差距或每年 0.21 天文單位的位移。

** 假定恆星位於黃道面上。

鏡(望遠鏡)，斯大林獎金獲得者 Д. Д. 馬克蘇托夫彎月形透鏡望遠鏡(參閱 235 頁)，斯大林獎金獲得者 Г. Г. 斯柳薩烈夫 (Слюсарев) 反射鏡-透鏡天體照相鏡等等。

折射望遠鏡(圖 132)中，光線經過玻璃透鏡——物鏡——折射

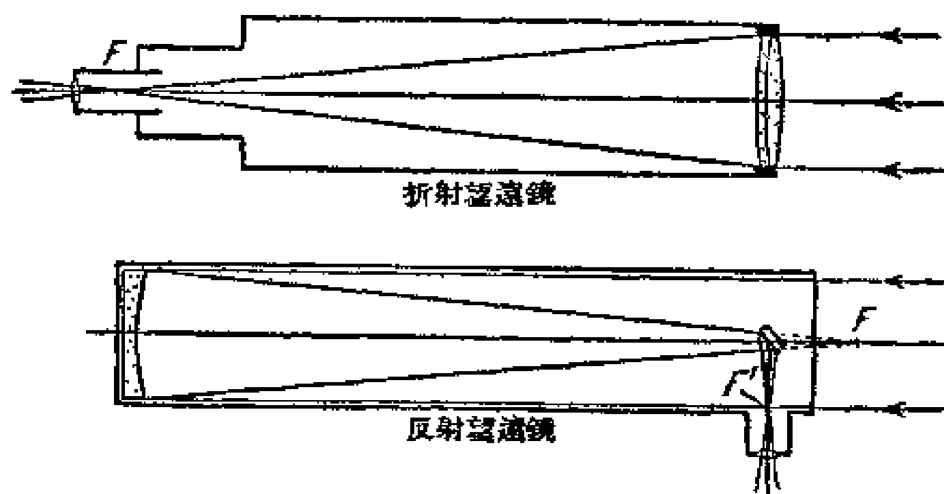


圖 132. 折射望遠鏡和反射望遠鏡原理圖

後在焦面上成像。折射望遠鏡主要光學缺陷之一是色像差：即物鏡透鏡還多少起稜鏡的作用，不僅使光線折射還使之分解爲各種顏色；在這種情形下，紅光的焦點離物鏡比藍光的焦點遠一些。在調節對人眼特别靈敏的黃綠光的焦距時，便看到紅色和藍色(與紫色合在一起)的邊緣。由兩片或三片透鏡合成的複物鏡可以部分地消除色像差。反射望遠鏡則完全沒有色像差。

反射望遠鏡(圖 132)中光線由拋物面形反射鏡聚集在焦點。反射鏡通常由特殊的玻璃 (Pyrex) 作成，玻璃表面鍍上一薄層銀或鋁。在任何一種類型的儀器中，物鏡或反射鏡所成的像或用特殊的複雜的放大鏡(稱爲目鏡)來觀查或攝影。望遠鏡通常都有幾個目鏡，可以得到不同的放大倍率。目鏡有兩種主要的類型(圖 133)：惠金斯目鏡(通常稱爲負目鏡，不過這個名稱不正確)和冉斯登 (Ramsden) 目鏡(正目鏡)。所有其他的目鏡都是這兩種基本類型的複雜化或改進。在惠金斯目鏡中限制視場的光闌 D 位於兩片透鏡之間，而在冉斯登目鏡中位於透鏡的前面，向着物鏡。因此在冉斯登目鏡中可以

在光閾上加十字絲，這對各種測量都是特別需要的（參閱 233 頁）。星像在一切天文望遠鏡中都是倒像。

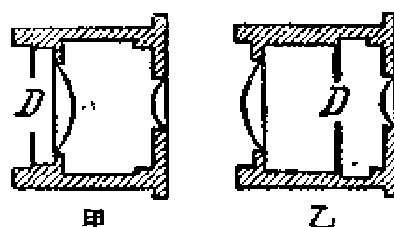


圖 133. 內斯登目鏡（甲）和惠金斯目鏡（乙）

望遠鏡的放大倍率爲物鏡的焦距 F 與目鏡焦距 f 之比：

$$n=\frac{F}{f}. \tag{44}$$

放大倍率也可以由物鏡直徑（D）與所謂出視瞳孔的直徑（d）之比求出：

$$n=\frac{D}{d}. \tag{45}$$

出視瞳孔的直徑可以由下述的實驗方法決定：把望遠鏡焦距調節"在無窮遠處"，即實際上以相當遙遠的目標爲準，但需將望遠鏡指向清晰的背景（如晴朗天空），並將透明的毫米方格紙（或透寫紙）放於目鏡附近，則即在透明的毫米方格紙上得到一邊緣清晰的小環。這便是出視瞳孔，即目鏡所造成的物鏡的像。使用放大鏡可以在標尺上量出出視瞳孔的直徑。因爲即使亮度最小（在黑夜裏）時，人眼瞳孔的直徑也不超過 7—8 毫米，那麼很明顯，出視瞳孔直徑完全不必要大過 8 毫米。這樣可以定出當 F 一定時的最小的有效放大率的目鏡焦距。這樣看來好像減少目鏡的焦距 f 就可以得到非常大的放大倍率，但是由於光的本性（衍射；見後），對一定口徑的物鏡有一個極限的放大倍率，所以要得到較大的放大倍率，只有用更大口徑的物鏡。一般說來，物鏡直徑每一厘米的最大有效的放大倍率等於 50—60。但是由於大氣的不穩定性使天體成像不清晰，和像的細微結構被"洗掉"，所以絕少使用最大極限的放大倍率（對於大型儀器尤其是這樣）。

在觀測"寬闊"物體（星雲、彗星、行星的表面）時應當注意，對同樣焦距來說，口徑愈大的物鏡成像愈亮；對同樣的口徑來說，長焦距物鏡比短焦距物鏡成像暗一些，這是因爲前者把由天體收集來的光散佈在比後者要大一些的面積上。"寬闊"物體的像的明度可以用

焦比 $S=\frac{D}{F}$ 來表示，焦比即是物鏡的口徑與其焦距的比。折射望遠鏡的 S 一般約爲 $^1/_{16}$，反射望遠鏡的 S 一般約爲 $^1/_6$。焦比大於 $^1/_5$ 的物鏡稱爲强光力的物鏡。有的專爲攝影用的物鏡的 $S={}^1/_{0.6}$。

望遠鏡的穿透本領由在晴朗無月的夜晚用該望遠鏡所能看見的恆星的極限星等決定。穿透本領可按下列公式計算：

$$m=2.1+5\log D, \tag{46}$$

式中 D 爲以毫米表示的物鏡直徑。利用圖 134 可以定出物鏡大到 200 毫米的任一望遠鏡的 m。但是按公式算出或用圖 134 求出的星等是理想的物鏡情況(即鏡面沒有塵埃和傷痕、鏡面磨製和鏡軸安裝都很好)，在一般情況下穿透本領會小一些。

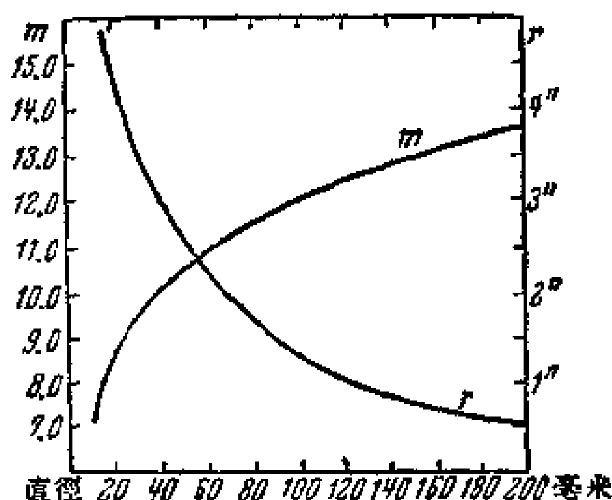


圖 134. 對各種口徑物鏡的最小分辨角 r'' 和穿透本領 m

比較精確的公式［勃文 (Bowen) 公式］是把放大倍率 n 對極限星等的影響也考慮在內：

$$m=5.5+2.5\log D+2.5\log n,$$

式中 D 爲以厘米表示的物鏡的直徑。當放大倍率愈大時天空的背景愈暗，愈能看到更暗弱的星。

要檢驗望遠鏡或者要在某個夜晚估計大氣的透明度，最方便的

辨法是按北極星序恆星（表 XLII）測定極限星等。

由於光的本性（在物鏡鏡框邊緣的衍射），恆星的像幷不是光點，而是明亮的光斑，周圍有明暗交替的衍射光圈。光圈的明度隨距像中心的距離增大而迅速減小，而第一個，也是最亮的光環的角直徑與物鏡的直徑成反比。1 吋物鏡中恆星衍射像的直徑爲 4″.5，10 吋物鏡中爲 0″.45。因此用小望遠鏡觀測時兩個點光源可能滙合爲一個像，而用較大的望遠鏡則可以把它們分開。用望遠鏡所能分開的兩顆恆星（或行星表面的細微結構）之間的最小角距離 r 稱爲這架望遠鏡的極限分辨角（其倒數 $1/r$，稱爲望遠鏡的分辨本領）。極限分辨角可以用下列公式定出：

$$r'' = \frac{120''}{D}{}^{*}, \tag{47}$$

式中 D 爲以毫米表示的物鏡直徑。這個公式（以及圖 134 中的 r 曲線）也只是在物鏡的理想情況下才正確。實際上 r'' 的大小可以由近距雙星的觀測幷利用表 XLVI 甲估計出。

測定視場很重要，視場卽是在望遠鏡中對每一個使用的目鏡所看到的天空範圍。要測定視場可以把望遠鏡指向任一個恆星（最好是在天球赤道附近的恆星），把望遠鏡固定不動，用鐘錶計量恆星穿過視場的直徑需要多少時間。用表 XXVIII 可以把這個時間換算成角度。如果不得不選用赤緯爲 δ 的恆星，則求得的數字應當乘上 $\cos\delta$（表 LVI）。目鏡的放大倍率愈大，其視場就愈小。

在用天文望遠鏡或用特殊的照相鏡拍攝天體時，最好預先知道下列的諸特徵**。

照相底片上像的直線大小，或稱照片比例尺。令 α 爲物體的角直徑（以弧分計），F 爲物鏡焦距，則物體的直線大小等於

---

* 肉眼的分辨本領 $r \approx 60''$，卽約爲 1 弧分。

** 參閱全蘇天文測地協會公報 No.5 (12)，1949，所載的 Н. В. 馬特維也夫（Матвеев）的短文。

$$d_{мм}=2a'F_{мм}\cdot\sin 1'.$$

式中

$$\sin 1'=\frac{1}{3437.75}=0.000291.$$

例 取月亮的平均角直徑等於31′，則得照片上月亮的線直徑爲

$$d_{мм}=F_{мм}\times 0.009=F_{мм}\cdot\frac{1}{111}.$$

照相底片作用的延遲極限。當底片作用的延遲較大時天空背景開始使微暗恆星和“寬闊”物體的細微結構無法看見。對於感光靈敏度很高的底片（按ГОСТ靈敏度約爲22），底片作用的延遲極限等於：

$$\log T^{*}_{пр}=(0.6+2.351\log V)\text{ 分鐘},$$

式中 $V=\frac{F}{D}$ 稱爲相對焦距（與相對口徑相反的數量）。

在極限延遲爲 $T_{пр}$ 時的穿透本領，即底片上最暗恆星的星等爲

$$m_{пр}=-1+5\log D+2.15\log T_{пр},$$

此處 D 爲直徑，以毫米表示。感光靈敏度不同的照相底片當然有其他的 $T_{пр}$ 和 $m_{пр}$ 值。

望遠鏡的中心校正是要使物鏡和目鏡的光軸與鏡筒的幾何軸線精密重合。對於自製的望遠鏡來說，物鏡鏡框和鏡筒本身的精密製造以及物鏡透鏡和目鏡鏡架的正確安裝都很重要。

比較大的望遠鏡必須備有尋星鏡——用來粗略決定鏡筒方向的視場較大的小望遠鏡；因爲望遠鏡的放大倍率愈大，視場就愈小，要在視野中找到微暗的天體也就愈困難。尋星鏡的光軸與望遠鏡的主軸必須精確地平行。尋星鏡一般裝在兩個支架上，支架有三個螺旋，可以用作中心校正。使用這些螺旋應當作到當星體在尋星鏡視場中心被看到時，它也應在主鏡的視場裏。如果沒有轉儀鐘，最好兩個人一同作：一個觀測者使星體保持在鏡子的視場中，第二個觀測者

---

* “пр”爲“предельная”（極限的）的略寫——譯者。

校正尋星鏡。

望遠鏡可以裝得使之能繞兩個互相垂直的軸旋轉，這樣可以指向天球的任一點，安裝的方式稱爲望遠鏡的裝置。

最簡單的安裝形式是地平裝置(圖135)，它符合於地平坐標系。儀器繞垂直軸旋轉使地平經度改變，而繞水平軸旋轉使天頂距改變。這種裝置的儀器(經緯儀、普用儀)爲大地測量工作者和地形測量者廣泛採用。天文觀測最好

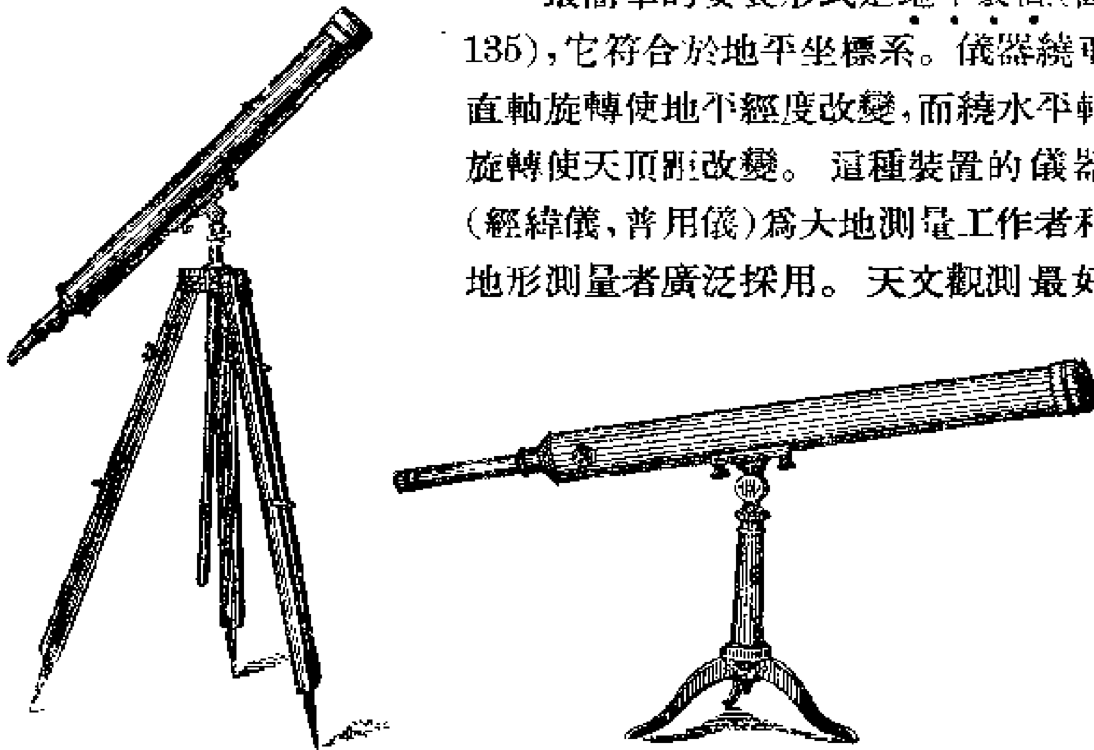


圖135. 地平裝置

使用赤道裝置(圖136)，這種裝置符合於赤道坐標系。赤道裝置的儀器的一條軸線平行於天軸(極軸)，而另一條軸線平行於天球赤道面(赤緯軸)。把儀器指向某一赤緯并固定在這個位置上，這樣只須使儀器繞一條軸線(極軸)旋轉，觀測者就可以追隨星體繼續觀測。大型儀器用轉儀鐘使望遠鏡能自動地"跟踪"天體，這時鏡筒的轉動相合於天穹的週日旋轉。

小的地平裝置儀器可以改裝成赤道裝置儀器，只須把儀器的垂直軸固定得與天軸平行(即使其與地平線的夾角等於觀測地點的緯度 φ)，并得在儀器下面墊一個斜角等於 $90°-\varphi$ 的尖劈形的木塊。

要進行天文攝影工作(星空或行星的攝影)則必需使用裝有轉儀鐘的赤道式裝置儀器。拍攝太陽和月亮只需很短的露光時間(若干

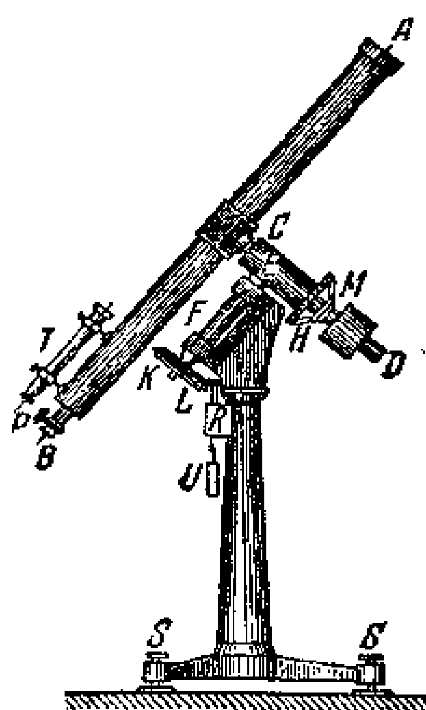


圖 136. 赤道儀

A—物鏡；*B*—目鏡；*CD*—赤緯軸；*FE*—極軸；*R*—帶有重錘 *U* 的轉儀鐘；*KL*—時角盤；*MH*—赤緯盤；*P*—在調整焦距時移動目鏡用的螺旋；*T*—尋星鏡；*S*—地脚螺旋。

分之一秒)，便可以不用轉儀鐘，甚至不需用赤道裝置。

按照極軸支架的方法赤道裝置可以有幾種不同的型式。最廣泛使用的是所謂的德國式裝置（圖 136），在這種裝置中儀器固定在沉重的柱子上。按英國式裝置，極軸兩端用特殊的軸承安裝在石墩上。

在各種裝置中都必須使望遠鏡保持平衡，即是使整個儀器的重心永遠固定在空間的同一點，而這一點即是軸線的交點。要平衡望遠鏡可以用能够移動的平衡錘；但必須作到把儀器放在任何位置都靜止不動，不會"倒下"。例如要把平時用來保護物鏡的蓋子取下等等的情况下，儀器需保持平衡。

如果能够移動的平衡錘不够用，應當加上補充的重錘。望遠鏡轉動起來應當很勻調，不能够一陣緊一陣鬆。儀器的軸必須定期塗以優質的機油(或骨油)。

用旋緊螺旋（一個用於赤緯，另一個用於時角）把鏡筒對任一條軸線固定起來。這樣用微動螺旋就可以使鏡筒沿兩個坐標做小的移動。微動螺旋可以使已經旋緊的鏡筒在比較小的範圍內移動；在使用儀器時必須注意不要把微動螺旋轉到頭，應當隨時把微動螺旋放在中間位置。

望遠鏡的保養包括使所有的光學表面保持清潔和使機械部分不出毛病。對物鏡的光學表面來說，灰塵的侵蝕是極端危險的。如果用抹布來抹灰塵，灰塵會劃傷物鏡表面。須用柔軟的毛筆把灰塵撣

掉，去掉灰塵後，要用經過多次洗濯的抹布把物鏡擦乾淨。油膩斑點(手指印)應當用沾上純酒精的藥棉來擦拭。這時必須注意不要把物鏡或目鏡邊緣所塗的漆擦掉。爲了防止露水凝固在物鏡上，可在望遠鏡物鏡的一端放置一種短而空心的圓柱體，稱爲防露器。在清擦目鏡的時候應當仔細地把鏡框拆下，用紮在火柴桿上并沾有純酒精的棉花清擦整個玻璃表面，然後再把框子仔細裝上。

對待裝有十字絲的目鏡要特別小心。十字絲用細的頭髮或蜘蛛絲來自己製成，細絲應當用任何一種防水漆(例如染指甲油)，黏在目鏡的光闌上。首先應當把蜘蛛絲或頭髮(長5—10厘米)的兩端捎在切碎并壓扁了的鉛丸中。其次，用鉗子或鋏子夾住一個鉛丸，把蛛絲在熱水中放2—3分鐘使蛛絲外面的黏性物質溶化。然後把蛛絲放在光闌上，讓鉛丸自由下垂，這樣可以把蛛絲拉緊。另一條蛛絲放在與第一條垂直的地位，在所需之處，滴一點漆，讓它乾凝幾點鐘，然後把連上鉛丸的兩端切斷(用保險刀片)。目鏡愈強(即放大倍率愈大——譯者)蛛蜘絲應當愈細。很弱(即放大倍率很低——譯者)的目鏡的細絲可以用細銅絲作成。

如果望遠鏡的目鏡部分有細絲，在觀測以前應當首先將目鏡對細絲來校準焦距，然後再把望遠鏡的整個目鏡部分對恆星來校準焦距*。不要爲了想把觀測對象看清楚，因而過份使視覺緊張，因爲這樣作就會使觀測者不知不覺地改變了他的眼睛的調節能力。應當旋轉目鏡螺旋使在眼睛一點也不緊張的情況下看到最清晰的像，這樣在以後的觀測時眼睛都不會緊張。應當學會在用一隻眼睛看望遠鏡時，另一隻并不閉上。應當用"主導"眼睛來進行觀測，這指的是主要的，慣用的那隻眼睛，這隻眼睛造成的感覺在大腦的視隻中心處與由另一隻眼睛得到的感覺疊加在一起。用下面的簡單實驗可以決定那隻眼睛是"主導"眼睛。用兩隻眼睛一齊看，用一枝直立的鉛筆把蠟

---

* 裝有細絲的光闌可以放在望遠鏡的目鏡的一端，也可以放在目鏡上和目鏡合爲一體。在後者的情形下，移動目鏡上的光闌則可以很清晰地看到細絲。

燭或電燈的光遮住。鉛筆的影子落在那一隻眼睛上，那隻眼睛便是"主導"眼睛。這個實驗可以重複任意多次，影子總是落在同一隻眼睛——即是"主導"眼睛——上。

雙目望遠鏡　在天文愛好者的實際活動中，雙目望遠鏡——普通雙目望遠鏡（即所謂的觀劇鏡），尤其是稜鏡雙目望遠鏡——具有很大的用處。就光學結構來說，觀劇鏡實際上是兩個伽利略望遠鏡。稜鏡雙筒鏡按克普勒望遠鏡的形式造成。爲了減小鏡子的體積并要得到正像，在稜鏡雙目望遠鏡的物鏡和目鏡之間裝有兩個稜鏡，可以造成內部的全反射（圖 137）。

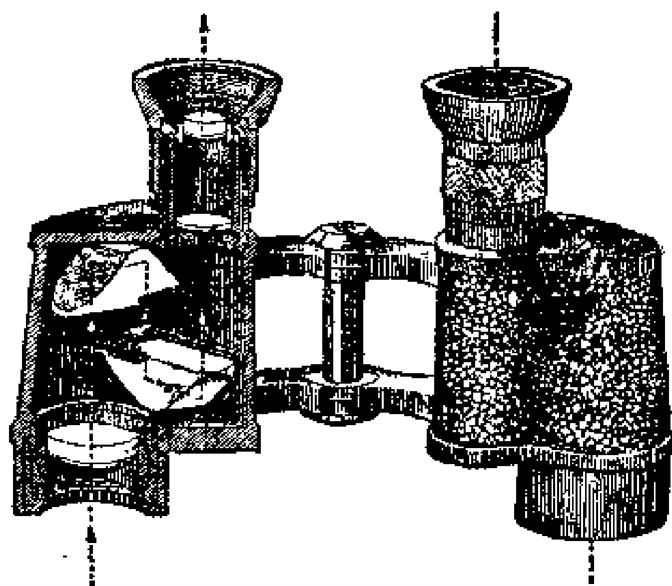


圖 137。稜鏡雙目望遠鏡

一般說來，稜鏡雙目望遠鏡* 的物鏡比觀劇鏡的物鏡大，可以得到較大的放大倍率，光學質量也較好。這種形式的最好的儀器是物鏡直徑爲 50 毫米，放大率爲 7 倍或 10 倍的稜鏡雙目望遠鏡。比較普通的雙目望遠鏡的放大率爲 6 倍，物鏡直徑爲 30 毫米。

稜鏡雙目望遠鏡的兩部分用活動關節相連，可以按照觀測者兩隻眼睛間的距離調節兩部分的光軸。每一部分可以單獨調節焦距，

* 常稱爲野外雙目望遠鏡或軍用雙目望遠鏡。

焦距必須經一次精密測定後而將之記住，每次使用時都把目鏡放在既定的刻度上。裝有中間的(公共的)焦距螺旋的雙目望遠鏡只能對一個目鏡才能單獨調節焦距，因此用中間的螺旋把雙筒鏡的一個目鏡調節好(這時一隻眼睛閉着)，第二個目鏡只有遷就第一個目鏡的焦距。在這以後，中間的螺旋應當同時放在雙目望遠鏡兩部分的焦點上。

雙目望遠鏡的光學部分應當注意保護，不使沾染灰塵和汚垢，觀測完畢後應當把雙筒鏡放回盒子中。

把雙目望遠鏡拿在手裏，而不把它固定住，就不能夠作正式的觀測。爲了不使雙筒鏡在觀測時顫動，應當把它裝在地平式甚至赤道式的座架上。利用雙筒鏡可以進行各種天文觀測；觀測變星和流星尤其能收到良好效果*。

彎月形透鏡望遠鏡 現在蘇聯的光學機械工業可以大量製造學校用的馬克蘇托夫式的彎月形透鏡望遠鏡(圖 138)。在彎月形透鏡望遠鏡中，在球面反射鏡前面放有一個特殊的凹凸玻璃透鏡——彎月形透鏡，這透鏡的兩面也都是球形的。製造精確的球形光學表面比製造拋物面(如在一般的反射望遠鏡中)要簡便得不知道多少倍。這種儀器的光學質量很高。用彎月形透鏡望遠鏡可以看到特別清晰的像，天體的細微部分也能看得特別爽目。

口徑爲 70 毫米地平裝置能夠微動的望遠鏡可以放大 50 倍。望遠鏡全長僅爲 20 厘米。

彎月形透鏡直徑爲 70 毫米(焦距爲 700 毫米)的望遠鏡所收集的光比在黑夜中的眼睛多 100 倍，因此可以看到比肉眼能見的暗 4—5 等的恆星；其極限分辨角爲 3—5″；視場爲 48′，即約爲月亮角直徑的一倍半。

使用彎月形透鏡望遠鏡最好在空地上立一個柱子或者作一個高

---

* 參閱 M. E. 納勃科夫 (Набоков) 教授所著的："用雙目望遠鏡的天文觀測" (Астрономические наблюдения с биноклем)，國立技術理論文獻出版社，1948。



圖 138. 裝在照相架上的學校用 Д.Д. 馬克蘇托夫式彎月形透鏡望遠鏡

約 1.5 米的，比較小但是很穩固的圓形台子，也可以作一個大地測量用的架，上面裝有螺旋用來旋緊望遠鏡的底座。

因爲望遠鏡的視場小，最好在鏡子上裝一架小的放大 3—4 倍的尋星鏡或雙目望遠鏡，也可以裝一個在視場中有十字絲或指針的單目望遠鏡。不用尋星鏡而用步槍或獵槍的瞄準標尺也可以，這樣的標尺可以在賣打獵用品商店中買到。但因爲標尺應當在相隔 10—15 厘米的地方看，所以最好裝在一個厚紙作的小圓筒內，筒的末端是靠近觀測者眼睛的光闌（直徑爲 7—8 毫米）。

M. E. 納勃科夫教授在"物理教學"（"Физика в школе"）雜誌 1948 年第 3 期上所發表的關於學校用彎月形透鏡望遠鏡的文章中對使用馬克蘇托夫式望遠鏡觀測天象提出一系列的有益的意見。他指出最

好作兩個附件——平衡錘和太陽投影板。把放置平衡錘的金屬桿牢牢地固定在水平軸上，平衡錘甚至也可以用裝滿生鐵碎塊的罐頭充任。用螺旋帽（圖 139）把一塊膠合板作成的小投影板旋緊在平衡錘的後面，板的中心應當位於座架的另一邊與目鏡稜鏡相對的位置。因為投影板與望遠鏡緊密相連，由三稜鏡投射出的太陽像永遠在板上同一地方。為了避免目鏡發熱，在觀測太陽時，應當用光闌把彎月形透鏡遮住一部分，并不時把鏡筒離開太陽的方向，暫停觀測。使用馬克蘇托夫式望遠鏡可以使天文愛好者的觀測內容大大擴充。

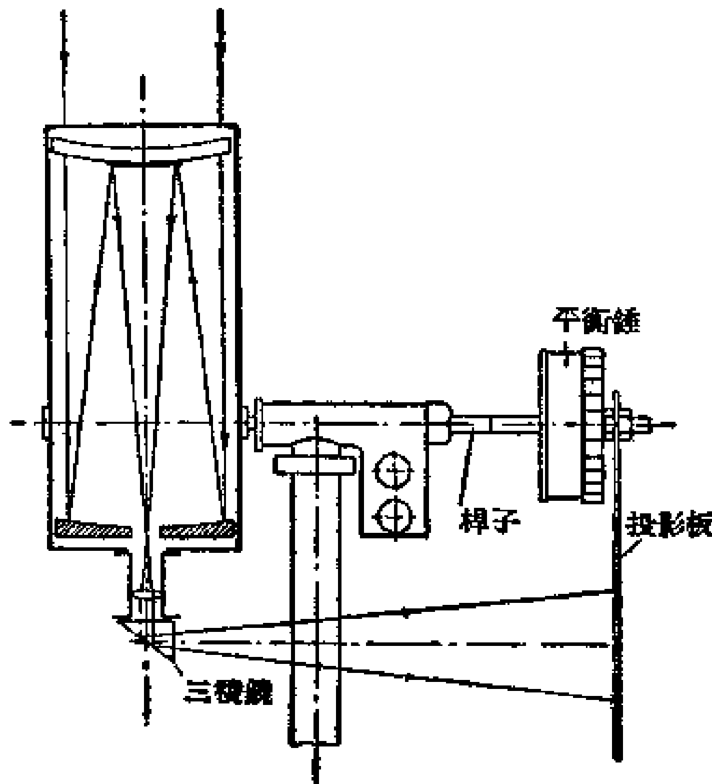


圖 139. 裝有平衡錘和太陽投影板的彎月形透鏡望遠鏡的說明圖

蘇聯的工業已經製造出較大的彎月形透鏡望遠鏡供各天文台使用。這些望遠鏡都具有精良的光學質量。

哈薩克科學院高山天體物理觀象台的彎月形透鏡望遠鏡［由Б. К. 約昂尼西阿尼（Иоаннисиани）設計］（圖 140）便是一個這樣的例子。它的主鏡的直徑為 670 毫米，彎月透鏡的直徑為 500 毫米，焦比

1:2.4。用這架望遠鏡露光 40 分鐘可以在底片上攝得比人眼所能見的暗一百萬倍的星像（參閱圖 61,66,69,73,75,82)。

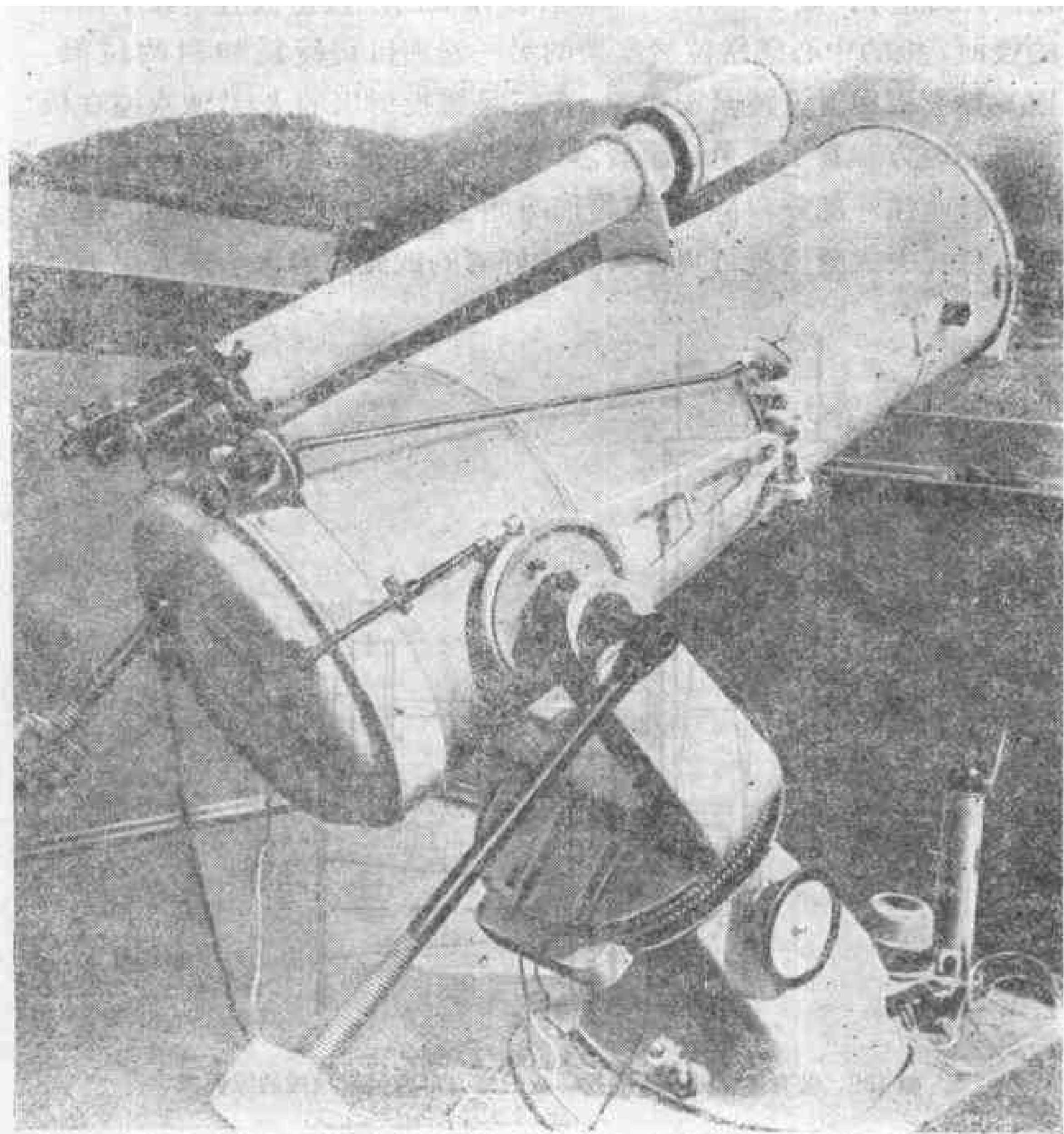


圖 140. 哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院高山天體物理觀象台的巨型彎月形透鏡望遠鏡

8. 輔助儀器

環狀測微器 爲了測量雙星的角距、行星和彗核的直徑以及各

種天體的相對坐標，在折射望遠鏡上一般都附有一件極爲複雜的儀器——方位測微器。觀測雙星包括測量兩個子星之間的角距以及這兩顆星的聯線與通過主星的赤緯圈的交角(稱爲方位角)。方位角由北天極按反時針方向由0到360°計量(圖141)。

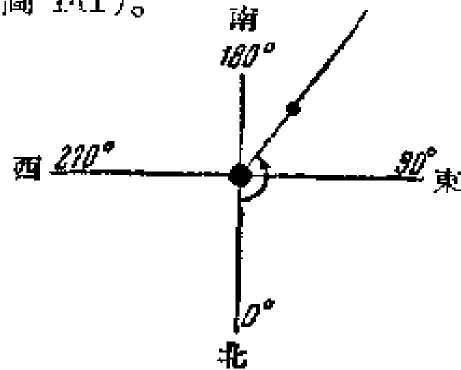


圖 141.

在觀測者的實際工作中，這個複雜的儀器可以有效地用一個極簡單的環形測微器來代替。用這個裝置可以相當準確地量出赤經和赤緯的小的差值，例如用作測定彗星或新星方位。

環形測微器包括一個或兩個同心的細環，放在望遠鏡的主焦點處，可以用目鏡同時看到細環和恆星。如果不能夠製造出這樣的圓環或者不便於把它放到焦面上，可以用視場的邊緣當作一個圓環。假定我們所要測定其坐標差的兩個天體相距很近，其赤緯差不超過視野直徑的 $^2/_3$。令 NS 爲赤緯圈(圖 142)，tt' 和 $\tau\tau'$ 爲恆星在視場中所經過的途徑，C 爲視場的中心。我們把望遠鏡固定不動，使得兩顆恆星經過一段短時間都穿過視場*。第一顆星在時刻 t' 出現，在時刻 t 在視場中消失。第二顆星的相應時刻爲 τ' 和 τ。按觀測者的指示，助手可以用有秒針的鐘錶或用時計把這些時刻記錄下來。

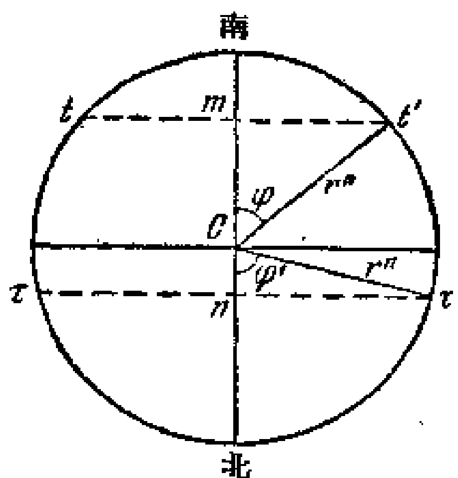


圖 142.

恆星穿過 NS 線的時刻是 $\frac{t'+t}{2}$ 和 $\frac{\tau'+\tau}{2}$。赤經的差等於

* 爲了更精確地計量恆星出現和消失的時刻最好把望遠鏡安置得使恆星在離視場中心不同距離處通過視場。當赤緯差很小時最好使恆星靠近視場的邊緣，這樣可以使弦 tt' 和 $\tau\tau'$ 的長度差儘量大一些。

$$\Delta\alpha=\frac{\tau'+\tau}{2}-\frac{t'+t}{2}.$$

現在再看赤緯差，赤緯差等於線段 nC 和 Cm 之和，以弧度表示爲：

$$\Delta\delta=nC+Cm.$$

週日緯圈弧段的長度 mt' 可以由球面三角形 Pmt'（圖 143）求得：

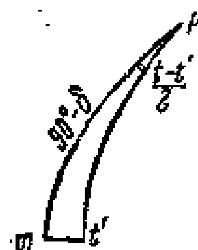


圖 143.

$$\sin(mt')=\sin\left(\frac{t-t'}{2}\right)\cos\delta,$$

或以弧秒表示并略去小圓弧的正弦及其長度之差，得：

$$(mt')''=15\left(\frac{t-t'}{2}\right)''\cos\delta.$$

用 r'' 代表視場的半徑（或圓環的半徑），由圖 142 得：

$$(mt')=r''\sin\varphi=15\left(\frac{t-t'}{2}\right)\cos\delta;$$

因此，

$$\sin\varphi=15\left(\frac{t-t'}{2r''}\right)\cos\delta.$$

由此求出 φ，得：

$$(Cm)''=r''\cos\varphi.$$

同樣可以得：

$$(nC)''=r''\cos\varphi',$$

$$\sin\varphi'=\frac{15(\tau-\tau')}{2r''}\cos\delta.$$

最後求得：

$$\Delta\delta=Cm+nC=r''(\cos\varphi+\cos\varphi').$$

如果已經知道一個星的坐標 α 和 δ，則另一個星的坐標卽容易求得：

$$\alpha'=\alpha+\Delta\alpha,$$
$$\delta'=\delta+\Delta\delta.$$

已知雙星的二子星的 $\Delta\alpha$ 和 $\Delta\delta$，則可算出其距離 ρ'' 和方位角 ψ：

$$\rho\sin\psi=\Delta\delta$$
$$\rho\cos\psi=15\,\Delta\alpha\cos\delta.$$

ψ 角所在的象限由 $\sin\psi$（卽 $\Delta\delta$）和 $\cos\psi$（卽 $\Delta\alpha$）决定，因爲 $\cos\delta$ 永遠爲正。

光度計 爲了精確測定恆星的光度，科學家發明了許多特殊儀器——根據各種原理的光度計，例如：光劈光度計、偏振光度計、假星光度計，還有光電光度計。所有的目視光度計都有一個透過光闌上小孔的假星（電燈泡），或者某一個受人造光源照耀的表面（一小塊面積），這假星的亮度以及光度計上該表面的明度可以任意改變，改變的程度可以由刻度量出。用光度計觀測時調節假星的亮度使之等於所研究的那個恆星的亮度，而假星的亮度可預先由定出的儀器刻度作出數量上的估計。

在有些光度計中推動光劈可以改變假星的亮度，光劈的位置可以由一個特設的刻度尺讀出，光劈一般由薰過的灰色玻璃製成，從灰色玻璃磨成一塊劈形的薄片 E（圖 144）。爲了不使光劈成爲能夠折光的三棱鏡，爲了使光劈能持久耐用并且使用的方便，在薄片 E 上面黏上（用加拿大膠）一片同樣形狀但用透明玻璃作的尖劈 F。用不均勻露光的照相底片也可以很容易地自製出簡單的光劈。



圖 144. 光 劈

在 M. E. 納勃科夫所著“用雙目望遠鏡的天文觀測”一書中寫有製造這種光劈的方法。這本書也談到附在雙目望遠鏡上最簡單的光度計的設計，光劈也適用於這種光度計（代替書中所談及的可以變光的假星）。

濾光片 在觀測行星和月亮的表面或者在研究彗星的時候，用不同的光線來比較天體細微部分的形狀和亮度是很有意義的，作上

述的研究須要有濾光片——染有特殊顏色的玻璃。濾光片的製造和研究是實用物理學的一個學科，不過天文愛好者所用的濾光片都很容易自製。製造時須用清潔的，沒有露光也沒有顯影但用一般方法定影過并仔細沖洗過的照相底片（最好是顆粒很細的底片）；可以認爲這樣的底片是完全透明的。要把底片的膠面染上所需的顏色應當把底片藥面向上放在下面列舉的一種苯胺染料中幾分鐘，然後將之輕輕沖洗并仔細烘乾，不要使底片上粘有灰塵。下面列舉製造三種濾光片所用的苯胺染料溶液的配方。

甲、K 62 濾光片——紅色，能透過 600 mμ 以及波長更大的光：

(1) 酸性洋紅　1.5 H*，

(2) 酸性酒石黃　2.5 H。

乙、M 54 濾光片——黃綠色，能透過由 500 mμ 到 600 mμ 的光，最大值在 540 mμ：

(1) 萘酚綠 Б　1.5 H，

(2) 金鋼石藍　0.1 H，

(3) 翠綠　1.0 H。

丙、M 44 濾光片——藍色，能透過由 400 mμ 到 500 mμ 的光，最大值在 400 mμ：

(1) 維多利亞藍　2.0 H，

(2) 柏林藍　1.5 H，

(3) 曙紅(伊紅)　0.25 H。

В. П. 澤謝維契** 建議使用下列現成的苯胺染料來製造濾光片：黃色濾光片用金絲雀黃，金黃或金屬黃；紅色濾光片用剛果紅，綠色濾光片用靛綠 Б，靛綠 Г 或甲基綠；藍色濾光片用美藍，苯胺藍、靛永藍，或靛藍。

濾光片的大小不一，可於製成之濾光片乾後，用和所需之濾光片

* H——格尤勃(Гоббль)——測量表面濃度的單位，等於每平方米濾光片一克染料。

** 見"天象觀測指南"，國立技術理論文獻出版社，1950 年。

大小相同的乾淨玻璃蓋在製成的濾光片上(或將兩濾光片藥面對藥面地疊起),再用紙鑲好框。

每一個濾光片都應當用分光鏡加以研究,研究時可用記載太陽光譜主要譜線波長的表 28 (第 222 頁)。

關於濾光片的更詳細的知識及其製造方法以及許多染料的配方,可以在下列書籍中找到: A. 格尤勃 (Гюббль) "正色照相術和濾光片 (Ортохроматическая фотография и светофильтры)", Теакинопечать, 1930; B. Л. 金茲堡 (Гинзбург) "濾光片 (Светофильтры)", ОНТИ, 1936 和 B. A. 法斯 (Фаас) "濾光片", Кинофотоиздат, 1936。

分光鏡　天文台爲了研究天體光譜而使用極爲複雜的儀器——多稜鏡攝譜儀。用這樣的攝譜儀來代替目鏡可以在一個恆星的像落在攝譜儀的光縫上面時拍攝出它的光譜。

天文愛好者可能有機會見到直視分光鏡。它有三四個合在一起的稜鏡,使光線分爲各色,但幷不改變光線的方向。

用這樣的分光鏡可以直接看到太陽光譜中主要的方和斐線(參閱表 28 和圖 130),而裝到天文望遠鏡的目鏡上,則可能看到天體(當然是最亮的天體)的光譜。遇有明亮的彗星出現時,研究彗星頭部和尾部的光譜是極有意義和有價值的工作。除掉被反射的光線的連續光譜外,還可能有希望看到彗頭甚至彗尾的氣體光譜。研究新星的光譜也有很大的意義。

9. 赤道儀的安裝

當正確地安裝赤道儀時,極軸或時角軸應指向天球極點,而赤緯軸垂直於極軸,並應在天球赤道面上。祇有在這種情况之下,望遠鏡繞極軸的旋轉才能和天穹的周日旋轉一致。

C. H. 勃拉日科教授對於赤道儀安裝曾提出了一長篇論文(分爲兩部分),刊於蘇聯 1924 和 1925 年天文年曆裏,在他所著的"實用天文學教程"(Курс практической астрономии)裏也同樣地提到。另外"克里米亞天體物理觀象台報告"(Известия крымской астрофизи-

ческой обсерватории）的第三卷中也載有П. П. 杜勃朗拉文（Добронравин）所著的關於精確安裝赤道儀新法的論文。

以下所述的是利用恆星來安裝赤道儀的最簡單方法，此法在許多情況下都是天文愛好者所能完全作到的。

先將儀器架近似地安裝在子午線的方向上，並使極軸對地平的傾角近似地等於地方緯度，再將強倍力目鏡中的橫絲安放好以便使得儀器繞極軸轉動時恆星在目鏡視場中能夠沿着那橫絲移動。這樣以後，置望遠鏡於子午面，並靠近天球赤道，再將望遠鏡指向任何一顆恆星，固定望遠鏡而不使其移動，這時恆星在視場內的移動，可能有下列三種情形：

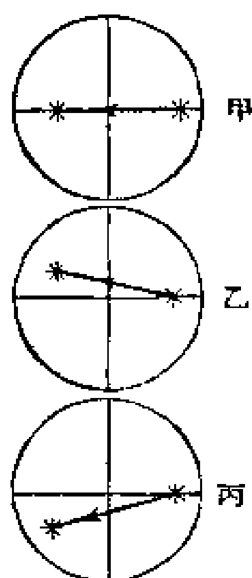


圖 145. 校準裝置時恆星在望遠鏡視場中的三種移動情形

（1）恆星總是沿着蛛絲（圖 145，甲）移動（從右到左，因爲在望遠鏡中呈倒像）而不離開。這就是說極軸在子午面上，因而也證明儀器已在平經方面正確地安裝好了。

（2）恆星移動的路線和蛛絲成向上的交角（圖 145，乙）。由此可知，極軸不在子午面上，所以應該在地平面上轉動儀器來改正它的平經。極軸北端應稍稍轉向西，換言之，應該按反時鐘方向來轉動全個座架。較大儀器附有專用螺旋，來轉動座架校正平經。

（3）恆星移動的路線和蛛絲成向下的交角（圖 145，丙）。應按順時針方向來轉動儀器，即把極軸的北端向東移動。

將這樣的觀測和校正工作反覆進行若干次之後，可使儀器在平經方面的位置達到相當的正確。

雖然極軸已經正確地安裝在子午面上了，但極軸對地平的傾角可能是不準確的，即可能並不平行於地球自轉軸。

爲了校正傾角，可把望遠鏡放在時角等於 ±6時＝±90° 的平面（譯者註：卽卯酉圈平面）上，令規定把望遠鏡指向東，然後使望遠鏡完全不動（譯者註：卽停止轉儀鐘），再去觀測星在視野裏的移動。可

能又出現三種情形:

1）恆星沿着蛛絲走動——儀器已正確地裝好。

2）恆星在視場中的移動路線和蛛絲成向上的交角——應提高極軸北端(增大和地平的交角)。

3）恆星在視場中的移動路線和蛛絲成向下的交角——應降低極軸北端。

假若我們觀測西天的恆星,那便應該得出和上述相反的結論:恆星在視野裏向上移動時——應降低極軸,向下移動時——應提高極軸。

這樣試作若干次可把儀器充分正確地安裝妥當。

爲了有利於安裝,可先把三脚架放置成:一脚向南而兩脚放在東西線上。

10. 觀測者的測時工作

鐘錶 專供"保時"用的天文擺鐘應置於深的地下室中,並放在密封的已被抽去部分空氣的玻璃容器内,因爲這樣可以保護時鐘,使不受振動,地震,氣温變化和氣壓波動的影響。天文擺鐘的發條,用繼電器自動地調整,這樣時鐘可以多日不經人手。

在天文觀測常用的另一種鐘錶便是帶彈簧和調整器的時計。時計不同於懷錶之處就是體積很大和調整器有減少温度變化影響(温度補償)的特殊設備。時計容器内的特殊支架(常平盤),可使容器無論在怎樣的搬運之下時計都能保持水平位置(這是在海上進行觀測所必須的)。

任何鐘錶,甚至連最好的都會或快或慢。因此,要知道精確時刻,應會測定自己鐘錶的改正量,改正量便是由鐘面時求眞時所應加上或減去的一個數量。若每日測定鐘錶改正量,就可發現改正量的數量變化,即所謂時鐘日差。時鐘内有特殊裝設可以在某一定範圍内限制鐘錶日差:譬如懷錶底蓋下面有一帶有小桿的小指針,該小桿可變動調整器的擺動周期,因而也就變動了錶的日差。指針指着一

個小的標度尺，尺的一端寫上一個"+"號或一個字母 F 或 A（快），而另一端寫上"−"號或字母 S 或 R（慢）。

移動上述小指針，並注意鐘錶日差的變化，這樣可以很好地調節鐘錶，即使日差達到相當小。擺鐘則有一螺絲母，旋轉螺絲母，使擺的負重沿擺桿移動，而改變擺動的周期。

決定鐘錶質量優良的首要條件是日差的永恆性。若日差是常數的話，即使是較大日差天文家也能容許。因爲較大日差無非逐漸地造成較大的改正量而已。

把已得的鐘錶改正量對於日期來畫曲線，即可知日差和日差的變化（參閱圖146）。

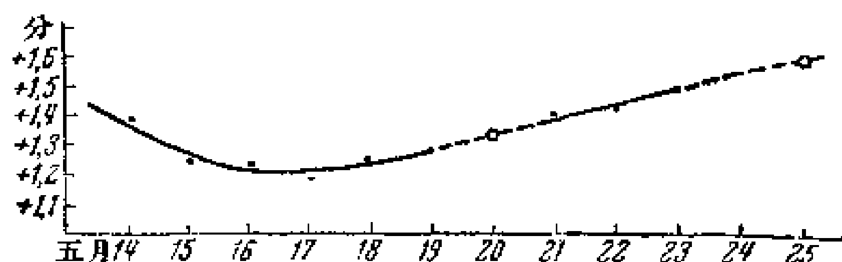


圖 146．圖中黑點表示與無線電時號比較而得的鐘錶改正量，小圖是從曲線求出的（用內插法和外插法）

若對於懷錶和掛鐘小心注意和謹慎珍惜，也可使其當做愛好者的天文錶來很好地使用。對於這點，應遵守下列規則：

1．小心注意保護鐘錶以防顛簸與震動，不使污穢，防塵防濕，並防止氣溫激烈波動的影響。用來作天文觀測用的鐘錶可放在鑲有玻璃蓋子的盒子裏，再放上些柔軟物質。最好使鐘錶經常地保持同一位置：走得較好的一個鐘錶（即日差較近常數的）橫放，而其他的則直放。

2．應該總是在同一時間上鐘錶發條，或經同一的時間間隔（對掛鐘來說可能是 4，7，10 或 14 日）。

3．儘可能地常用無線電授時訊號測定鐘錶改正量。這樣不僅可以查出鐘錶日差，還可逐漸地注視日差的變化并可確定日差變化

的每日數值，卽一日內的日差變值*。

周日變率是鑑定鐘錶質量的，它由下式計算：

$$\delta=\pm\sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}},$$

式中 n 是日數，d 是每一日差離其平均值的差值。

鐘錶改正量的測定 在現代，有收音機的觀測者，便有簡單而準確的對鐘法，這便是接收由無線電播送的授時訊號。

時號（長劃—長劃—點）的廣播，經以太發出，精確度達百分之幾秒。最後一點發出時，恰好精確地在整整的鐘點數，零分，零秒（例如，7 時 0 分 0 秒）。

因爲普通懷錶或手錶的秒針飛快地移動，每約 $0^{秒}.4$ 一動，那麼，可見測定改正量的精確度，不能大於此值。事實上，精確度還要小些。但系統地測定自己的鐘錶改正量，並注視其日差，可知精確度小於 1 秒的時刻，這對於天文愛好者所能做的工作來說，大部分已足够了。

莫斯科大學國立施天堡天文研究所於莫斯科時間 1 時，7 時，12 時和 19 時播送精確時刻的無線電時號（長劃—長劃—點）。

除上述的播時訊號以外，還有由無線電以長波（10,000 公尺和 3333 公尺）和短波（24.47；27.52；29.85；39.01；44.28；55.76 公尺和一些其他波長——視鐘點和季節而不同）每日發出十二次（莫斯科時間的每一單數鐘點）普通時號。這是五列時號，每列 59 點，一點隨着一點，彼此相隔一秒，在該小時的最後五分鐘內播送，而每分鐘的開始，便以一長劃爲標誌。

一邊細聽普通時號每一系列的點號，一邊注視鐘錶的秒針，同時應力求看到諸點號所在的秒的那小數部分。第五列時號的最後長劃，恰好合於單數鐘點的開始。把這一時刻和錶面時（或鐘面時）比較卽得鐘錶改正量的分鐘數和秒的整數。在這分秒上，再加上上述由個別點號所定出的秒的小數，卽爲所求的改正量。

* 這是由於彈簧發條開放時，彈力的變化而引起的。

爲了給天文鐘和航海時計作特殊精確校對之用，於普通時號之後一分鐘，還有一種科學時號，由無線電播送，它們由 300 點和 6 長劃所組成，由特殊的游標鐘於 300 秒（五分鐘）內發送。無論恆星時計（即走恆星時的）還是平時時計（走平太陽時的）均可接收科學時號進行校正。

在需要特殊精確的測量工作時，應計及播送時號的播時鐘於五分鐘播送時間內的日差和要校對的時計在這個時間內的日差。關於播時鐘的日差和關於時號發播的精確時刻的報道，刊載於科學時號綜合時刻表內。

當無線電還未那樣廣泛地流行於俄國時，天文愛好者通用着概測地方時的方法。除學校內的天文展覽場和公共場所作爲美妙裝飾品的日晷* 外，愛好者們曾使用過 C. П. 格拉澤納普（Глазенап）的環形日晷**，三角形日晷，M. E. 納勃科夫正方形日晷或其他測定眞午的類似儀器，於太陽過子午圈前後，在各種高度時觀測太陽。若用環形日晷進行觀測並計及太陽赤緯於早晚觀測間的變化，那麼可以推算到眞午時刻的定值，其精確在數秒之內。用時差表或時差曲線，可得平太陽時的改正量，若知觀測地的經度和所在地的時區號數，即可化平太陽時爲區時或法令時***。

如觀測地的緯度和經度未列於表 LVIII 甲中，那麼由適當的大比例尺的地圖便可最簡單地將其定出。精密的大地圖的精確度緯度到弧分，而經度至十分之幾時分。

---

* Б. А. 沃龍佐夫-維里雅明諾夫的天文學教本中有關於日晷的敍述，及其計量法、構造和使用法。

** 見 С. П. 格拉澤納普的"環形日晷（Солнечное кольцо）"小册子，或見普通天文學的許多教本中，或見於通俗書籍中。

*** 如果能够由無線電時號得出區時，那麼把地方平時和區時比較可得地方經度。此外，可用環形日晷來測地方緯度［參閱 С. П. 格拉澤納普的"環形日晷"小册子內關於這方面的敍述；以及蘇聯 1953 年天文簡曆中 С. В. 德羅茲多夫（Дроздов）的論文，"用 С. П. 格拉澤納普教授的環形日晷作地理坐標的測定"（Определение географических координат солнечным кольцом проф. С. П. Глазенапа）］。

第四章

天文觀測

1. 引言

在這一部分中我們要對較簡單的天文觀測加以說明，這類觀測一方面因爲並不需要大的儀器，能爲愛好者所做到，另一方面也因爲它們具有一定的科學意義。這裏我們不談最簡單的像在中學天文實習中所作的那些觀測，例如南北線的測定，太陽正午高度的測定，月亮在子午線上最大高度的測定，行星的移動等，我們假定讀者已經對星空有足够的熟習，能够找到天球上的主要點和線，並且能利用本書前幾章的內容來理解天文現象。

天文曆 每年天文現象的主要材料可以從廣泛流行的 M. E. 納勃科夫(Набоков)教授的圖解曆中找到。但是爲了系統的觀測工作，每個愛好者就完全必要利用天文曆，該曆已出版五十五年以上了。到 1951 年（原書爲 1953 年，但根據原書的註解及別書的參考應是 1951 年——譯者）爲止，它是由全蘇天文測地協會高爾基城分會*出版的。

每期天文曆包含兩部分：I. 星曆表，II. 附錄。第一部分包含：1. 該年每日太陽和月亮的曆表（赤經、赤緯、對於 $\lambda=0^{時}$ 和 $\varphi=56^{\circ}$ 的出沒時刻及方位，月亮的視半徑，格林尼治午夜的恆星時），以及包含許多天文現象材料（月相，行星動態，流星羣等）的觀測手册；2. 行

---

* 從 1952 年起由莫斯科國立技術理論文獻出版社出版。近年來出版較小型天文曆的有烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院和全蘇天文測地協會的莫斯科、明斯克、古比雪夫、里加（用拉脫維亞文）各分會，以及塔爾圖天文台（用愛沙尼亞文）。

星星曆表——行星在恆星之間視路徑的詳細描述，並附有表示每隔15天的行星的坐標，角直徑，星等及其他方面的圖表；3. 日月食的數據；4. 月掩星及月掩行星的時刻預告表；5. 太陽、月亮及木星的物理坐標：太陽每隔5天的角直徑和P，D，L的數值（見258頁），月亮每隔兩天的P角和圓面中心的月面坐標，木星每隔7天的P角和中央子午線的經度；6. 木衛星曆表，即表示衛星的動態和食的時刻表；7. 土衛星曆表，即表示出最亮兩個土衛——土衛六和土衛八的最大距角時刻；8. 關於要回歸的周期彗星的材料；9. 較亮小行星的星曆表；10. 某些變星的表和星曆表；11. 根據北極星來測定緯度及地平經度的星曆表。

第二部分（附錄）通常包含前一年天文學成就的敍述，這些都是由傑出的蘇聯天文學家所寫的，用來鮮明地表示出蘇聯和世界天文科學的成就。

此外，在這部分裏還有關於各種當前重要的天文題材的科學論文和小品，以及各種敍述方法的文章，這些方法是有關於觀測技術和預算各種天文現象的理論與運用的*。每期天文曆中都載有在上一年發表的天文、大地測量、地球物理以及若干其他有關科學的文獻索引。

天氣變化的預測 在準備觀測的時候不但要考慮到天文現象而且也要考慮到氣象的現象。

一個有系統地進行天文觀測的天文學家，尤其是經常住在城市外面的天文學家，他會不斷地得到一些經驗，從雲的形狀、早霞晚霞的顏色、星的閃爍等自然現象，以及根據氣壓計來判斷可能的天氣變化。民間的諺語是千百年來人民由觀測自然現象的經驗總結得來的，有時也能幫助預測天氣**。當然，在某種程度上天氣諺語是與該地的特殊情況有關的。

下面是一些頗能用來決定天氣好壞及其變化的標誌：

I. 穩定的晴朗乾燥天氣來臨的標誌——夏天炎熱，冬天寒冷。

1. 從早晨起天上無雲，近10點時出現圓邊的積雲，這些雲在午

前擴大并顯著上升，而到傍晚時又消失了。

2. 氣壓計指出高壓，在幾天之間慢慢不斷地升高。

3. 夏天白天很熱，晚上涼爽，春天與秋天在這種情況下可能有微凍(俄羅斯民諺："夏天晝熱夜涼，一定晴朗")。

4. 夜間無風，白天風強，黃昏平息("晚間風停必無雨")。

5. 夜間降重露，或在寒夜有霜("草有霜露天無雨")。

6. 長期乾旱，露水罕見；但如露水一旦出現就表示濕空氣來到，預示可能下雨。

7. 日出和日沒時霞光呈金黃色和亮玫瑰色("日落西方紅，晴天必來臨")。

8. 恆星很少閃動，星光呈綠色。

---

* 例如：С. Н. 勃拉日科(Блажко)："用普通觀劇鏡和照相機的天空攝影"(1899)；С. И. 格拉津納普(Глазенап)："太陽三角形"(1903)；С. И. 格拉津納普："用太陽圖測定時間和地理緯度"(1907)；В. В. 卡夫拉依斯基(Каврайский)："不用天文儀器和三角計算的時間測定法"(1912)；А. А. 米哈依洛夫(Михайлов)："天文愛好者的鐘錶和時間"(1916)；Н. И. 蘇達科夫(Судаков)："中學校的天文攝影"(1918)；А. А. 米哈依洛夫："稜鏡式雙目望遠鏡"(1919)；Л. А. 庫利克(Кулик)："火流星下落的觀測指南"(1925)；А. Н. 羅贊諾夫(Розанов)："太陽黑子用林頓(Carrington)根數測定的簡便方法"(1925)；К. Г. 勃格丹諾維奇(Богданович)："天文愛好者的天文台"(1928)；Г. А. 季霍夫(Тихов)："測定恆星顏色的主要方法"(1928)；Н. П. 桑紐金(Салютин)："天文愛好者的行星表面觀測法"(1929)；С. В. 沙爾伯(Шарбе)："求時間改正值的圖解"(1929)；Н. Н. 庫茲湼佐夫(Кузнецов)："金星可見性的八年周期"(1940)；К. К. 杜勃羅夫斯基(Дубровский)："月掩星及其觀測法的通俗介紹"(1940)；К. К. 杜勃羅夫斯基："觀測者所應用的列線圖解法"(1942, 1943)；В. Е. 什傑潘(Штепан)："遠鏡流星"(1944)；С. В. 德羅茲多夫(Дроздов)："月食細節的圖解計算法"(1945)；С. В. 穆拉托夫(Муратов)："用眼鏡玻璃製成的望遠鏡"(1946)；К. К. 杜勃羅夫斯基："內插法"(1947)；Б. А. 沃龍佐夫-維略明諾夫(Воронцов-Вельяминов)："新型簡便傳動鐘和尋星鏡的天體照相儀"(1950)；Н. Я. 布果斯拉夫斯卡婭(Бугославская)和Р. А. 勃龍什泰(Бронштэн)："日食觀測指南"(1952)以及許多其他的文章。

** 在這裏我們一定要指出屠格涅夫(Тургенев)關於天氣預測的指南，這些指南的詞句非常美麗和準確，尤其是在他的"獵人日記"裏面(例如在"迷羅的牧場"故事的開頭)。

9. 日月下落時形狀變化很大。

II. 壞天氣來臨的預兆——夏天反而涼爽、冬天反而變暖。

1. 氣壓降低。氣壓降得愈快,陰雨來得愈快。

2. 如果黃昏前風變强,一天之內,陰雨天氣可能來到。

3. 夏季在晴天之後的夜裏,比上一夜更熱。無露水("晨草乾,夜有雨")。

4. 卷雲出現,顯著地在天上從南、西南或西方移近,很少從西北或北方移動。

5. 卷雲轉變爲卷層雲,再變爲高層雲("烏雲罩,雨來到")。

6. 紅色和深紅色的晚霞。

7. 日月周圍有圓圈(日暈或月暈)("日有暈,必降雨")。

8. 星光閃爍强烈("星光閃耀,冬有風雨夏變涼")。

III. 暴風雨的預兆。

1. 從早上出現積雲,下午開始擴大成高塔或鐵砧狀,可以預料有大風雨或冰雹來臨。

2. 白晝悶熱。

3. 在悶熱的夜晚,天上有連綿不斷的雲,可以預期晚上有暴風雨。

4. 遠處微弱的聲音可以清晰聽見,或者星光閃爍特別厲害(尤其是在黎明前)可能有暴風雨。

5. 氣壓急速下降——暴風雨將至。

2. 太陽的觀測

這一節討論太陽表面的現象,光球的現象——太陽黑子、光斑、光斑區和米粒斑——的觀測。對於太陽表面上各種現象的系統觀測,也就是通常所謂的"太陽聯合觀測",有着重大的實際意義,這是由於(尤其在近年來)我們已經確定了這些現象和地球大氣層現象的關係,特别是和地球電磁場狀態的聯系。在太陽黑子最多的時候,磁暴頻現而且强烈,極光也更加活躍。磁暴影響到無線電波的傳播,

尤其是短波的傳播，產生了無線電阻礙的現象，因而妨礙了無線電廣播的收聽。

太陽的目視觀測 觀測太陽可以直接使用裝有黑玻璃的目鏡，更好是使用太陽投影板（不用黑玻璃）。不論在那種情況下，都要在望遠鏡前放一個光闌（有圓孔的蓋子），直徑爲物鏡的三分之一。對於太陽觀測，因爲太陽光很強，望遠鏡物鏡直徑的大小關係不大。望遠鏡的焦距却更重要，因爲焦距愈長，所得到的太陽像就愈大。圖 147 表示出用肉眼觀測、用天文望遠鏡以及投射在板上所得到的各種不同太陽像的方位。

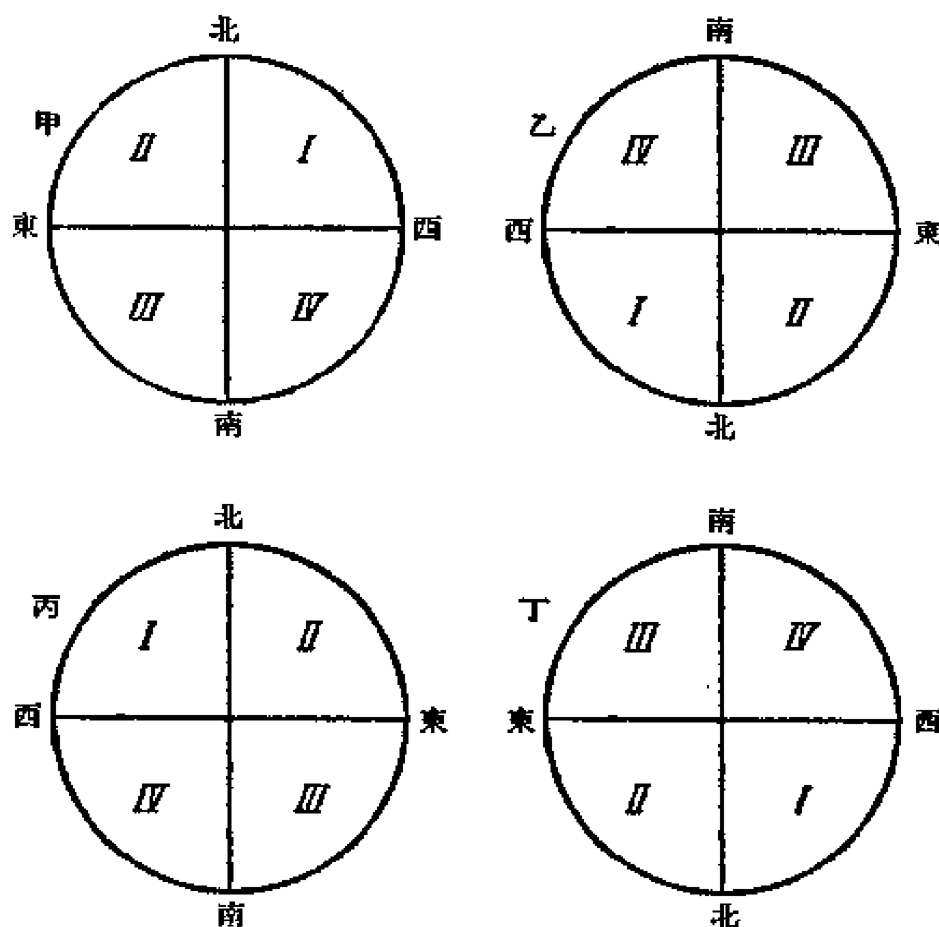


圖 147. 太陽像的方位

甲、用肉眼觀測；乙、通過望遠鏡觀測；丙、用天文望遠鏡投影在板上；丁、用地上望遠鏡投影在板上。

必須特别小心保護眼睛以免受到太陽強光的損害，并應該慎重選擇黑玻璃。最簡單的（但不是最好的）黑玻璃，或許就是一張在大白天裏露光後照通常方式經過顯影和定影，然後洗出來的照相底片。我們把這種變黑的底片放在眼睛與目鏡之間。但是照相底片的藥面在受熱後會很快地裂損，因此這必須隨時更換。更好的是用深暗的有色玻璃或灰色玻璃，這就好得多了*。

用投影板來觀測太陽時，必須在望遠鏡鏡筒上裝一根35—40厘米長的桿子，並且在桿子上面牢固地裝一面和光軸垂直的圓盤——直徑15到20厘米（圖148）。太陽的像就通過目鏡而投射在圓盤上，

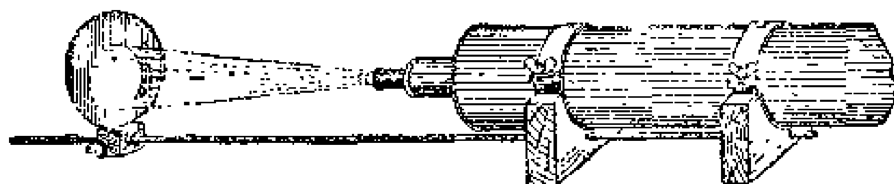


圖148．太陽投影板

並且可以調節像的大小：投影板離目鏡愈近，像就愈小。把投影板放到適當的距離後，就可以前後移動目鏡而使太陽像的邊緣達到最清晰的程度。如果移動目鏡部分不能使太陽像的邊緣最清晰，那就必須調換目鏡。在圓板上還應該釘上一張紙，上面預先畫好一個和所需的太陽像的輪廓一樣大小的圓（例如，像許多太陽聯合觀測中所採用的一樣，取直徑爲10厘米）。爲了盡量避免散射光射到板上，也就是爲了加強太陽像的明暗反襯，就要在物鏡的頭上裝一張厚紙版。描繪太陽就是準確記錄太陽黑子，光斑和光斑區的位置和形狀。觀測者把太陽像的邊緣和預先畫好的圓圈精確重合後，就用尖而軟的鉛筆來畫黑子，力求正確地畫出它們的大小和強度（濃淡），但絕對不必顧慮到圖上的藝術性的"修飾"和"完美性"。對於沒有半影（所謂黑孔）的小黑子可用下列方法看見：用薄的紙版做一個小的"錐子"，

---

* 有些天文望遠鏡備有特製的太陽目鏡。太陽光經過該目鏡的玻璃稜鏡，反射了一大部分光之後便減弱了。

一面貼上特別光滑的好的白紙（例如沒有露光過而經過定影的印像紙）。把這面小的輔助投影板放在主要的投影板上，并來回移動。用這樣的辦法比在不動的投影板上觀察，很小的黑孔就容易看見多了。在這小"鏡子"的另一面可以貼上一張太陽黑子大小尺度圖（圖149），便可以求得所有黑子（包括半影）的總面積（以全部可見太陽圓面面積的百萬分之一作單位）。

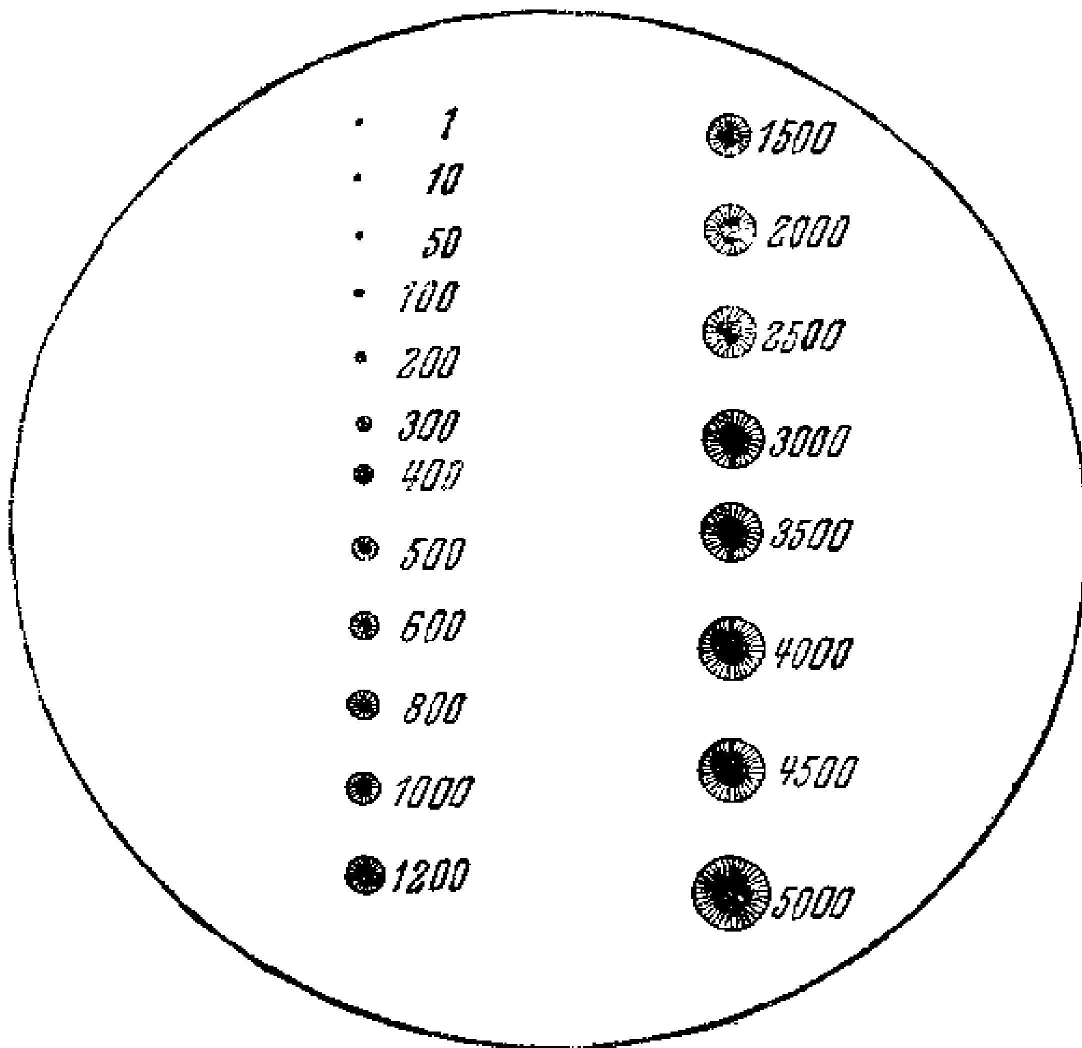


圖 149. 以日面可見面積的百萬分之一作單位的太陽黑子面積標準

在觀測記錄本上，對每一張圖都要詳細記錄以下各項：觀測日期及標準時（準確到 0.1 小時）、次序號數、黑子羣或個別黑子的標記

符號*、黑子羣中黑子的個數、個別黑子的面積或組成一黑子羣的各黑子面積的總和、黑子像的清晰度(例如可以用五分制以數字表示)。黑子的面積(包括其週圍半影的面積)可以和標準面積比較來測定。圖149就是這種標準圖,圖上畫着各種大小不同的圓形黑子的像,它們的面積以整個太陽圓面面積的百萬分之一作單位**。量黑子羣面積時,沒有核心的半影部分也要計算在內。對於個別有特別意義的黑子羣應該用較大的尺度來記錄(通過黑玻璃直接從目鏡中觀測),以便逐日記錄黑子羣的發展情況。

普耳科沃天文台系統的太陽聯合觀測對太陽黑子及黑子羣作如下的分類:

I. 單獨黑孔。

II. 黑孔羣。

III. 單獨黑子。

IV. 帶有黑孔的單獨黑子。

V. 雙極*** 黑子羣,先行黑子較大。

VI. 雙極黑子羣,先行黑子較小。

VII. 雙極黑子羣,個別黑子的大小相似。

VIII. 多心的黑孔羣。

IX. 多心的黑子羣。

X. 各種特殊情況。

前面我們已經講過,可以從目鏡中直接觀測日面而把個別有特殊意義的黑子羣畫在較大尺度的圖上;如果把這個特殊區域的範圍在太陽整個的像上(即用投影板所得的像)用線圈出,就可以對所畫各圖的尺度有一個明晰的概念。應該在所有的圖上標明東西方向。

* 最好把正在經過日心子午線的黑子及黑子羣用特殊符號標明,因為引起地磁擾動的首先就是這些黑子及黑子羣。此外,還應該把出現在太陽圓面中部的黑子及黑子羣也特別標記出來,並應當特別注意記錄它們的發展情況。

** 對於在日面邊緣附近的黑子可以從它們的直徑來判斷其面積。

*** 由磁極相反的兩個黑子組成。

我們可以任選一個黑孔或黑子，把它的位置用小點標出，然後讓它的像隨着地球自轉而在紙上移動約一分半鐘，再把它的位置點出。把這兩點用直線連起來，我們就得到了東西方向線。和這條線垂直的方向便是南北方向。照這樣測定方向最好能做兩次，即在畫黑子和光斑的前後各做一次。黑子羣的標記符號（例如用大寫拉丁字母或數字）在連續若干天內必須保持不變*。

因爲太陽視旋轉周期大約只有 27.3 天（指赤道區），所以可以見到從太陽東邊緣出現的黑子逐漸往西移動，最後隱沒在西邊緣之後。此外；有的黑子會突然在日面某一處出現，有的黑子會在到達西邊緣以前就消失了。有時同一個黑子可以在太陽自轉二、三週中連續觀測到，但一般黑子的可觀測時期都沒有那樣長。

沃爾夫（Wolf）**相對數** W 是一種表示太陽黑子活動程度的標記數字，它等於羣數 g 乘 10 加上黑子總數 f：

$$W = k\,(10g + f), \tag{48}$$

其中 k 是與觀測者及儀器有關的係數，它的作用是使我們可以比較在不同的條件下所得的觀測結果。在定 g 和 f 時必須注意下列兩點：甲、每一個以半影和另一核心隔離着的核心，以及每一個單獨的黑孔，都作爲一個黑子計算。乙、在統計黑子羣的數目時，每一個離羣孤立的黑子，甚至每一個離羣孤立的黑孔都算作一羣。

由某一架望遠鏡及某一觀測者所得到的沃爾夫相對數應該和相同時期的其他觀測結果相比較而歸化到同一狀况的沃爾夫相對數。瑞士楚利希（Zürich）的國際太陽聯合觀測中央局負責歸化所有的太陽觀測記錄，它的 k 的數值等於 1。在蘇聯，負責進行這種歸化太陽觀測記錄的是蘇聯科學院天文委員會太陽研究委員會，普耳科沃天文台的太陽聯合觀測，和全蘇天文測地協會莫斯科分會太陽部。

太陽的自轉軸並不和地球軌道面相垂直，而和它成 82°45′ 的角度。因此，在不同的季節，太陽赤道和兩極在太陽圓面上的位置就不

* 在許多太陽聯合觀測中把黑子羣從一年開始時計數，一直到年終。

同（圖 150）。我們已知，太陽黑子出現在離開太陽赤道各種不同距離的地方，並且太陽表面各部分的旋轉周期不等，赤道上最快，較高緯度處較慢。

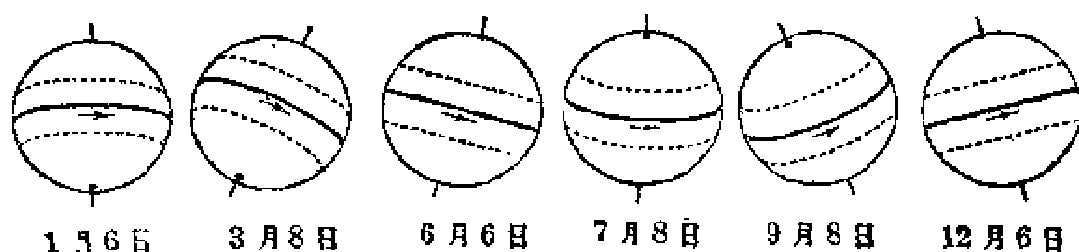


圖 150．太陽自轉軸和太陽赤道在一年中不同日期的位置

要測定太陽上任一小點的位置，必須採用日面坐標系統，即日面經度和日面緯度。日面緯度 β 是從太陽赤道向兩極計算的，以向北爲正。日面經度 λ 是從一個假定的起始（零度）子午線，即所謂的開林頓子午線算起的。這條子午線穿過太陽在 1854 年 1 月 1 日格林尼治平時 12 點 0 分（儒略日 2,398,220.0）時的太陽赤道昇交點*，而以每日 14.2 度的角速度（恆星自轉周期 25.380 日）轉動。我們把 1853 年 11 月 9 日也就是開林頓子午線和中央子午線相重合的時候作爲太陽第一個自轉周的開始。日面經度是從開林頓子午線順着太陽自轉的方向計算的，也就是從太陽北極看來是反時鐘的方向。

太陽的會合自轉周期把地球本身在軌道上的運動計算在內。這個周期很重要，它等於 27.2753 日。

太陽表面的黑子、光斑等的日面坐標隨着時間改變，這一方面是由於日面不同部分的自轉速度不同，另外一方面也由於太陽黑子等的本身在日面上也略有移動。太陽黑子的日面坐標可以按下列方法測定。在太陽圓面像上畫一條和東西方向垂直的線，這就是赤緯圈的方向。天文年曆中的"物理坐標"部分有 D 和 P 的數值，根據這些數值就可以畫出太陽自轉軸的方向以及日面赤道：D 表示太陽視圓面中心的日面緯度，而 P 表示太陽自轉軸和赤緯圈所成的角度。

* 太陽赤道和黃道平面的交點。昇交點經度等於 73°40′。

把這個 P 角在圖上畫出就得到太陽自轉軸的方向。按照附錄 7 做好一個適當大小的正交格子（$D=0$），把它放在太陽圖上，使它的中央子午線和太陽的自轉軸重合，就可以從這格子讀出黑子的日面坐標 b' 和 l'。此外，還必須計入因太陽自轉軸的傾斜而產生的改正量 Δb 和 Δl。

於是　$\beta=b'+\Delta b$，$l=l'+\Delta l$，

其中

$$\Delta b=D\cos l',$$

$$\Delta l=D\sin l'\tan b'.$$

最後求得日面經度 λ 爲：

$$\lambda=l+L,$$

此處 L 表示以開林頓子午線爲標準計算的中央子午線的日面經度。假使得到的 λ 大於 360° 就應當減去 360°，如果是負的就加 360°。L 的數值也可以在天文年曆的"物理坐標"部分內找到。爲了便於計算改正量 Δb 和 Δl，可以用附表 XXII 甲和 XXII 乙。

Δb 的數值可根據 D 和 l' 求出（表 XXII 甲），而 Δl 是根據 b' 和 A 的數值從表 XXII 乙中查出的（A 可根據 D 和 $90°-l'$ 從附表 XXII 甲中查得）。

有一個測定 β 和 l 坐標的更簡便的方法，就是不僅用一個而是用幾個特別繪製的適用於 D 的各種不同數值的正交格子，附錄 7 內有八張正交格子，是表示太陽赤道平面和視線所成的不同傾斜度（從 0° 到 ±7°）的日面坐標系統。我們從這八張圖中選用相當於一定 D 值的圖*。

這樣，我們便可以從正交格子直接得到太陽表面各種目的物的日面坐標 β 和 l。前面已講過，開林頓系統的經度 $\lambda=l+L$。

太陽的攝影觀測　天文愛好者可以嘗試用攝影方法把太陽面上各種形象都拍成照片。當然，要做這件工作，必須先對一般攝影技術很熟練。主要的困難是要使露光時間極短，因爲太陽光太強，即使用

* D 爲正數時太陽北極在太陽視圓面上，D 爲負數時南極在視圓面上。

了加上光闌的物鏡（但也不可超過直徑的 $^{8}/_{10}$）和最不靈敏的照相底片（幻燈底片），露光時間也只能大約是 $\frac{1}{300}$ 至 $\frac{1}{500}$ 秒。比較適當的方法是在物鏡前面加上一個快門。很顯然，由於露光時間這樣短，所以望遠鏡就用不着轉儀鐘甚至也用不着赤道式裝置。對於在焦點上攝影，在目鏡一端的可動部分不要裝目鏡而裝一塊板子，中間有一個用來露光的圓洞和爲了裝置底片盒用的幾條槽（圖 151 甲）。爲了使照相底片對準天球坐標的方向，就要在圓孔中裝上細絲。細絲非常接近照相底片所滑動的表面。細絲的像必須和照片上太陽的像始終在同一個方向相交。要測定細絲的正確方向，可以用不動的望遠鏡來攝取亮星在底片上顯出的痕跡（見後）。如果把圓孔開得更靠近邊緣（圖 151 丙），依次把底片盒沿槽移動，並且每次將底片盒移向另外一邊，就可陸續在 9×12 厘米的底片上拍出六個太陽像，當然也可以用若干小的底片盒和小的底片，而在每張底片上只照一個像。爲了不使底片盒在木板的槽上搖晃和滑動，那就要在一條槽上安裝一片弧形的鋼片（小彈簧，如圖 151 乙所示）。小彈簧被大頭釘支住，可以自由滑動；當底片盒滑進槽內時，小彈簧就壓向槽去，用適當方式把底片盒壓住。

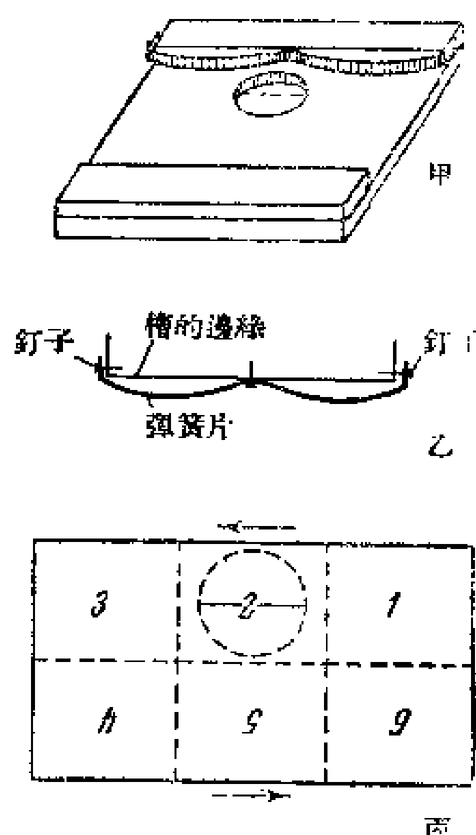


圖 151. 太陽照像所用底片盒的結構
甲、從後面看的整個形狀；
乙、彈簧的裝置；
丙、一張底片上拍六個像時底片盒上所作的記號。

在顯影以前，必需在暗室中用普通鉛筆（並非化學鉛筆），在底片乳面上記下底片的次序（例如，把第一張底片相對於快門的位置記下來）。所有的攝影數據都要登記在觀測記錄本上。

要拍攝經過目鏡放大後的太陽像，應當做一個小照相機，照相機的物鏡就用作望遠鏡的目鏡，底片盒及底片應放在目鏡後面，相隔一段距離。最好把照相機裝在目鏡的可動部分上，這樣只需要移動目鏡就可以調節焦距。爲了消除散光，照相機的內部既要密閉，又需塗黑。底片盒部分的大小和裝置一定要和所需的太陽像的大小相配合。粗定焦距可以用眼睛從毛玻璃上來看，但要精確决定焦距，就須用照相的方法，就是在原有用目視方法定出的焦距前後一毫米的範圍內，把目鏡來回移動，拍出若干個像，然後根據這些像來决定焦距。在這種情形下，可以把快門放在底片和目鏡之間（圖 152）。

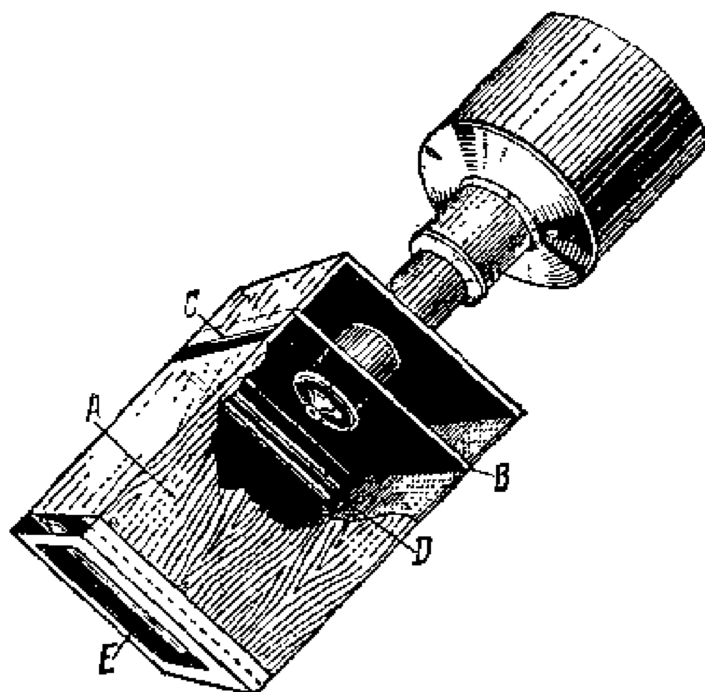


圖 152. 目鏡照相機

A—裝在目鏡後面的照像機；*B*—前方隔板；*C*—換鏡，上面有幾條用來安裝照相快門的槽(*D*)；*E*—裝毛玻璃或底片盒的槽。

爲了測定裝在底片盒內圓孔中的細絲的方向，就要在黄昏時把望遠鏡固定着不動，拍攝任一個亮星的像。這樣就可以在底片上得到由亮星週日移動所造成的黑色痕跡以及細絲的亮線。但由於天空的明亮背景，底片上略爲變黑。必須精確量出這兩條線的交角，而在

由太陽照片定方位時把這個角度考慮在內。當然，把照相機裝在目鏡後面時，每次都要確切地裝在同一位置上，所以在望遠鏡和底片盒的接觸部分都要畫上相應的標誌。有時爲了使底片上細絲的像比較顯著，需要裝一根較粗的絲。

光斑的觀測 除了黑子的記錄外，光斑和光斑區域的觀測也極爲重要。它們也出現在太陽面上所謂的活動區域。當它們通過日面的中央部分時，往往會在地球上發生磁暴。光斑在日面邊緣時最容易看到。它們大部分都出現在太陽黑子的周圍，但有時也離黑子很遠。必須把光斑區域的形狀和位置畫下來，並經常注意它們的變化。在西邊緣和東邊緣要分開記錄，強度可照一種任意的尺度（例如三分制）來估計。光斑觀測的結果可登記在一種專用的表格內，記上日期、時間、相應的太陽圖的號碼、光斑或光斑區域中心的坐標 β 和 λ、光斑區域的緯度範圍 $\Delta\beta$ 和經度範圍 $\Delta\lambda$*、類型以及強度。

光斑和光斑區可以按照外形分爲下列三類：

I. 沒有特殊結構的整片光斑——明亮斑點或明亮斑點羣。

II. 絲狀纖維光斑。

III. 點狀光斑。光斑區上蓋有明亮斑點。

有時在離太陽邊緣頗遠處可以見到光亮耀目，比光球背景更亮的斑點，這就是光球爆發（噴焰）。這種現象的記錄極爲重要。應該把這種爲時極暫的現象的開始和終了時刻都記下來。

一切太陽觀測的資料應當經常（例如每月一次）寄給蘇聯科學院天文總台（普耳科沃天文台）太陽聯合觀測組織，或寄給全蘇天文測地協會莫斯科分會太陽部**。此外，天文愛好者還應寫明自己的地址，詳細說明所用儀器的情況，標出每一次觀測中太陽像的清晰度，觀測的情況記述得愈詳盡，寄來的材料就愈有用。

---

* $\Delta\beta$ 即光斑區域最北點與最南點緯度之差，$\Delta\lambda$ 即光斑區域最東點與最西點經度之差。

** 莫斯科，9，п/я № 1268。

關於太陽觀測更詳盡的敘述，可參閱 В. В. 沙龍諾夫（Шаронов）所著"太陽及其觀測"（"Солнце и его наблюдение"），1953 年蘇聯國立技術理論文獻出版社出版。

3. 月亮的觀測

觀測月亮非常有趣，因爲月亮離我們很近，並且月亮面上的各種形象非常豐富，又因爲它沒有大氣*，所以它上面的陰影邊緣都很清晰，這使得月面的結構特徵看來非常顯明。

讀者如果有一架中等口徑的望遠鏡，可以利用本書附錄 1 中的月面圖來初步辨認月亮上的各種形象。

下列的觀測是非常有趣味的：

I. 觀測月面的形象隨月相而生的外形變化。產生這種變化的原因一方面是太陽光對月面的照射情況不同，另一方面是由於月亮天平動而使月面形象與地面觀測者的相對位置改變。我們雖然只能從上而下地觀看月亮，但是根據月亮山的影子的形狀及其變化，就可以推測這些山的眞實結構。

II. 測定月面各處(尤其是"海"裏)的色彩及其變化。這種觀測需要一定的經驗，因爲乍看起來月面各處似乎沒有顏色的差別。觀測時最好使用各種顏色的濾光片：紅的、藍的、綠的、紫的**。

在畫月面各種形象的圖形時必須記錄觀測時間。這樣，將來才可能計算明暗界線的位置和決定當時日光照射月面的情況（即決定月面該處"地平線"上太陽的高度）。

明暗界線的位置用它的月面經度 λ 決定。月亮上的位置常用月面坐標(經度 λ 及緯度 φ) 來表示。我們可以在正視投影圖上表出這種坐標系統；這時每條子午線就成爲半橢圓，而每條緯度圈都成爲直

---

* 關於月亮上的大氣情況詳見 29 頁。

** 關於這種觀測的詳細方法可參閱 А. М. 巴哈烈夫(Бахарев)的一篇很有趣味的文章[載"全蘇天文測地協會公報"(原名 Бюллетень ВАГО) 1939 年第 1 期]，其中敘述他使用濾光片對月面環形山伽森蒂 (Gassendi) 的觀測。

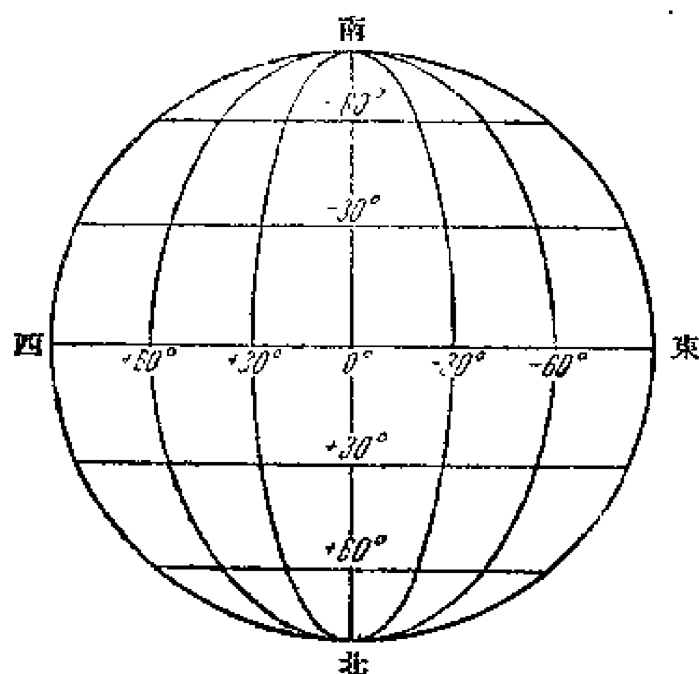


圖 153. 月面坐標

線(圖 153)。

在經天平動等於零時平分月面爲兩個相等部分的經線就作爲計算月面經度的起始線(經度向西爲正，向東爲負)。月面緯度則從月面赤道算起，向北爲正，向南爲負。

要計算最近八年內任一天任一小時月面明暗界線的經度，可以用表 29 及 30。表 29 載有明暗界線沿月亮赤道方向位移的大小。如果要計算某一天月面明暗界線的經度，應該先從表 30 甲查得該年 3 月 1 日世界時 0 時的經度，再從表 30 乙查得所求日期對於 3 月 1 日的經度差值(必要時用內插法計算)，從前者減去後者就得到所求的經度。如果前者比後者小，那麼在減之前應在前者數值上先加 360°。這樣所得的結果表示：

1) 如果數值在 0° 與 90° 之間，爲下半夜月亮明暗界線的西經度；

2) 如果數值在 90° 與 180° 之間，爲 180° −(上半夜月亮明暗界線東經度)；

3）如果數值在 180° 與 270° 之間，爲 180°＋（上半夜月亮明暗界線西經度）；

4）如果數值在 270° 與 360° 之間，爲 360°－（下半夜月亮明暗界線東經度）。

表 29 月亮明暗界線的位移

已經過的時間	1時	4時	8時	12時	16時	24時
平均位移	+0°.51	+2°.03	+4°.05	+6°.09	+8°.12	+12°.15

表 30 甲 1953—1960 期間每年 3 月 1 日世界時 0 時月亮明暗界線的位置

年	經度 λ	年	經度 λ
1953	260°.9	1957	90°.2
1954	131.3	1958	320.6
1955	1.6	1959	190.9
1956	219.8	1960	49.2

表 30 乙 一年內從 3 月 1 日算起的月亮明暗分界線經度的變化

月份 \ 日期	1	7	13	19	25
3 月	0°.00	73°.05	146°.12	219°.20	292°.32
4 月	17.63	90.78	163.95	237.15	310.37
5 月	23.58	96.83	115.53	122.18	141.05
6 月	42.12	115.53	188.85	262.17	335.50
7 月	48.85	122.18	195.53	268.87	342.18
8 月	67.73	141.05	214.35	287.63	0.90
9 月	86.37	159.62	232.83	306.03	19.22
10 月	92.38	165.53	238.65	311.75	24.83
11 月	110.07	183.10	256.13	329.15	42.13
12 月	115.12	188.08	261.03	334.00	46.95
1 月	132.03	204.97	277.90	350.85	63.82
2 月	148.93	221.90	294.90	7.92	80.93

月掩星 因爲月亮在星空中每天平均從西向東移動約12°.8，所以常會把一些恆星掩住。觀測這種月掩星的現象，就是要精確地(準到1—2秒)記錄恆星消失和重現的時間。雖然月亮觀測的歷史已有很久，對月亮運動的理論研究文獻已經非常豐富，但我們至今還不能把月掩星發生的時刻及其歷時的長短預算得像很多其他天象那樣精確。因此，月掩星的觀測對於改進極爲繁複的月亮運動理論有很大的幫助。要眞正做好月掩星觀測工作，必須具有極精良的"報時設備"(見第245頁)。所用的望遠鏡愈大，就可以把像放得愈大而仍保持像的清晰度。爲了觀測的方便和精確，最好選擇被掩星在月面陰暗的一邊時去觀測，也就是在從新月至滿月期間觀測被掩星的消失，而在從滿月至新月的期間觀測被掩星的重現。這是因爲觀測月亮明亮部分傍的掩星和重現比較困難——月亮光在望遠鏡中太強了，很妨礙觀測。但是如果被掩星很亮，也不妨嘗試這樣觀測。

圖154表示望前和望後月掩星的情形。圖中箭頭表示星相對於

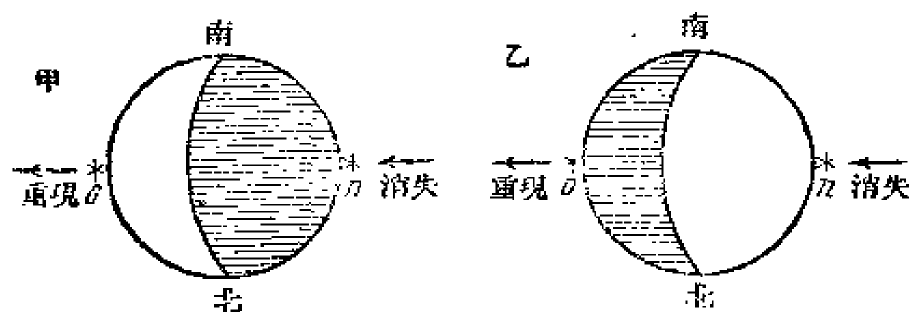


圖154. 從望遠鏡中所見望前和望後月掩星的情況
甲、望前月掩星(星消失在月亮陰暗部分邊緣)，
乙、望後月掩星(星消失在月亮明亮部分邊緣)。

月亮的移動方向(望遠鏡中所見的方向)(圖中上方爲南)。顯然地，在望時被掩星的消失和重現都發生在月亮的明亮部分。

月掩昴星團(見圖66及表XLIII和其圖)是非常有趣味的現象。但因爲月亮在星間的運行路線不斷在改變(有一定周期)，所以月掩昴星團並不是每月都發生，甚至也不是每年都發生的。

在很稀有的情況下，可以看到月掩行星以及行星掩恆星的現象。我們很容易理解：行星在被掩時並不像恆星那樣忽然消失，既可以觀測到行星圓面和月面相外切，還可以看到行星的完全消失；行星從月亮後面重新出現時的情況也是一樣。

當月食（尤其是月全食）的時候，由於月光因食而減弱，觀測一些相當暗的星的消失與重現差不多同樣容易。假如在月掩星之前一二小時內觀測月亮的移動，就可相當準確地預先找出月亮的運動方向及被掩恆星在月面邊緣消失和重現時兩點的位置。

月掩星延續的最長時間約一小時；最短的時間等於零，也就是恆星從月面邊緣掠過。根據天文年曆，尤其是天文曆中經常刊載的材料就可以預先算好月掩星的時刻、延續時間長度以及消失點和重現點的位置。在天文曆中載有蘇聯各城市所見每次月掩星的時刻以及消失點和重現點的方位角（方位角就是以月面圓心爲頂點，用赤緯圈作一邊，用消失點或重現點和月面中心的連線作另一邊所成的角）。就 5.0 等以上的恆星來說，一年內適於觀測的月掩星現象大約有 10 到 15 次。

基輔大學天文台有一套特殊的儀器[A. A. 雅可夫金（Яковкин）教授設計]可以用來近似地預算月掩星的各種情況。從蘇聯各地寄來的月掩星觀測結果在那裏進行總的整理。

最好是兩個人一起觀測月掩星，一個觀測者集中精力從望遠鏡裏注視着星，並用預定的話語給出信號，另一人則把全部注意力集中在鐘錶上，記下信號的時刻。

假如除了有已知改正值的鐘錶外還有一個好的停錶，那麼也可以單獨進行月掩星的觀測。把停錶固定在零點上，在星消失或重現的時刻把停錶開動。讓停錶繼續走，而帶到主鐘那裏去，當主鐘走到整分鐘或半分鐘時把停錶停住。從鐘面的時刻減掉停錶上的時刻就得到月掩星觀測的準確時刻。

其他比較詳細的有關月掩星觀測的材料可見"月掩星觀測指南"[K. K. 杜布羅夫斯基（Дубровский）教授著，1951 年全蘇天文測地協

會出版]。

月食進程的圖解計算法 在天文曆中載有月亮和地影接觸點的方位角 P_H 和 P_K（見圖 155）。地影對於月亮的相對運動很容易算出。本影和半影的角半徑按下列公式計算：

本影半徑 $\rho_T = \frac{51}{50}(\pi_☾ + \pi_⊙ - r_⊙)$，

半影半徑 $\rho_{\Pi T} = \frac{51}{50}(\pi_☾ + \pi_⊙ + r_⊙)$.

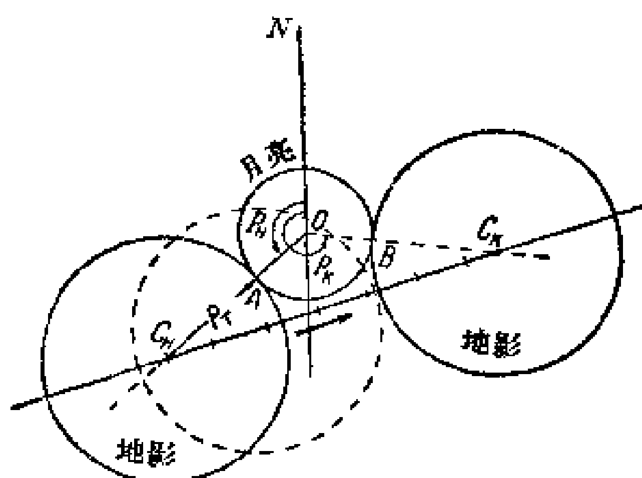


圖 155．月食進程的圖解計算法

取月亮視差（$\pi_☾$）、太陽視差（$\pi_⊙$）和太陽視半徑（$r_⊙$）的平均值，可得 ρ_T 大約等於 42′ 和 $\rho_{\Pi T}$ 大約等於 73′。要正確計算 ρ_T 和 $\rho_{\Pi T}$ 的數值就要先從天文曆中查出 $\pi_☾$，$\pi_⊙$，$r_⊙$ 在月食時刻的數值。

先用某一尺度畫一圓表示月亮（月亮視直徑爲 31′），通過該圓圓心任意畫一條線作爲南北線 ON，再畫 OA 線，使 $\angle NOA = P_H$，A 在月亮圓周上；又畫 OB 線，使 $\angle NOB$（大於 180°）$= P_K$，B 點也在月亮圓周上。延長 OA 至 C_H，使 $AO_H = \rho_T$；又延長 OB 至 C_K，使 $BC_K = \rho_T$。C_H 即初虧時地影中心，C_K 即復圓時地影中心，C_H—C_K 連線就是地影中心在月食過程中對於月亮的運行路線。知道了初虧和復圓的時刻，就可以在這條線上畫出地影中心在各時刻的位置。要想知道某一時刻月亮的食象，就可以根據該時刻地影中心的位置把

盤個地影畫出來（例如圖 155 中的虛線圓），從它和月亮圓圈相交的情況，就可以看出該時月亮的食象。

畫半影時，也可以照上面的方法進行。延長 $C_H—C_K$，在延長線上的兩邊各取一點，以 $\rho_{\Pi T}$ 爲半徑並以該兩點各爲圓心，作兩個圓與月亮相切，就得到食始與食終時地球半影的位置。

4. 行星的觀測

當然，想要用天文愛好者簡樸的光學儀來研究像行星那樣角直徑很小的天體而想取得特殊的成就是很難的。圖 156 表示各行星離地球最遠和最近時視直徑的相對比較，而表 31 則表示各行星最大和最小視直徑的數值以及最亮和最暗時的星等。不難了解，角直徑與星等之間沒有一個嚴格的關係，因爲行星的亮度還隨它對太陽的視位置而變，也就是隨它的位相而變。

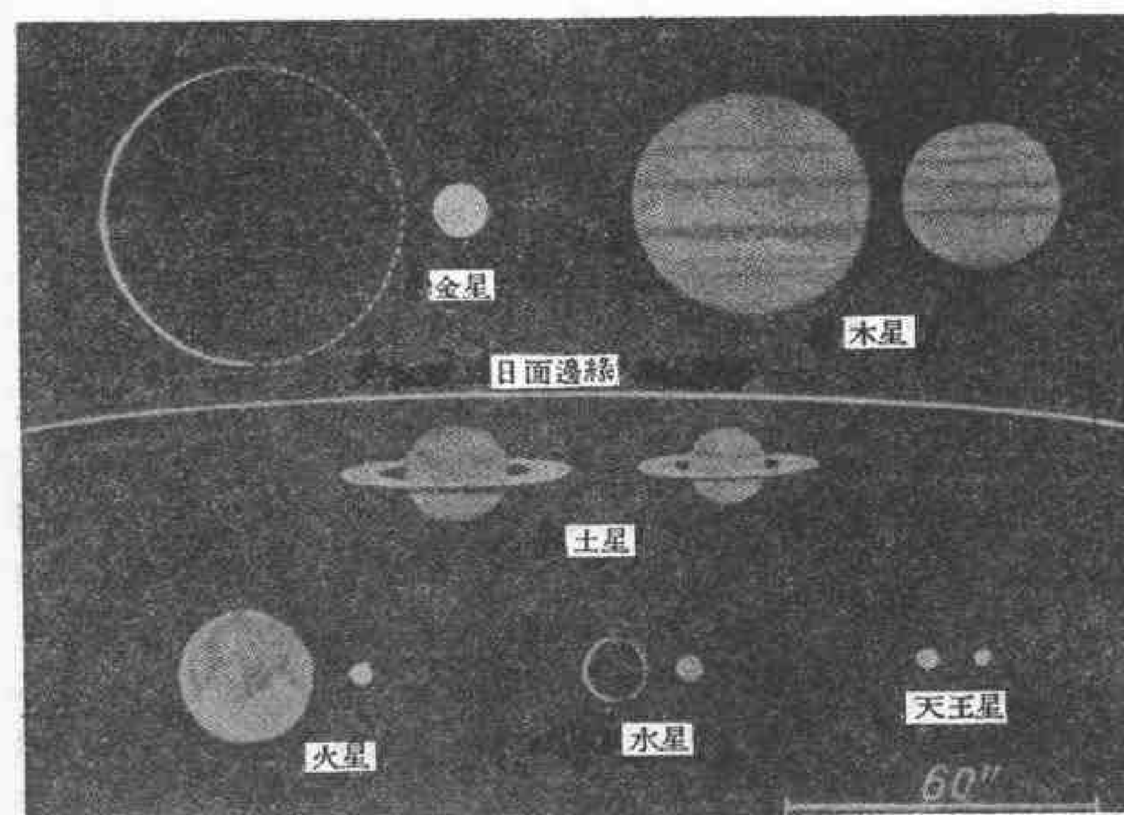


圖 156. 行星最大和最小視直徑的相對比較。在本圖尺度中日面直徑爲 93 厘米

表 31 行星視直徑和星等

	赤道角直徑		亮度（星等）	
	最大	最小	最亮	最暗
水星……………	12″.9	4″.7	$-1^m.2$	$+2^m.5$
金星……………	64.0	9.9	−4.3	−3.3
火星……………	25.1	3.5	−2.8	+1.6
木星……………	49.8	30.5	−2.5	−1.4
土星……………	20.5	14.7	−0.4	+1.2
天王星…………	4.2	3.4	+5.7	+6.0
海王星…………	2.5	2.2	+7.6	+7.7

假如觀測者用口徑 75 毫米（3 吋）的望遠鏡能準確描繪行星表面的細節，則當大氣很透明時，可以得到具有科學價值的結果。

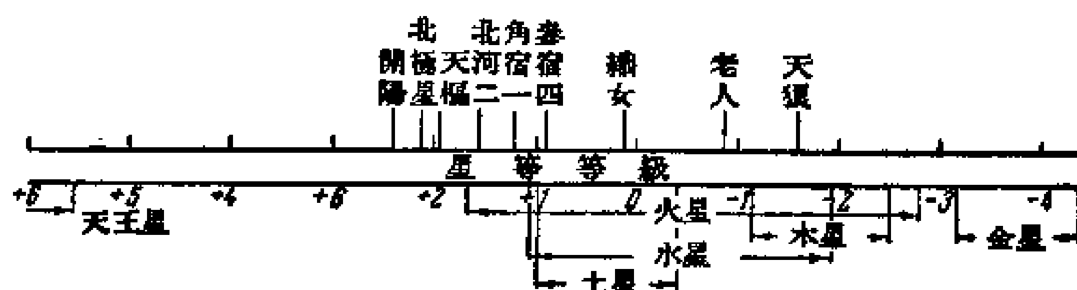


圖 157. 明亮行星亮度變化的範圍和若干明亮恆星光度的比較

我們都知道，卽使把用大望遠鏡所拍攝的行星照片拿來細看，也不免令人對於這種強有力的研究方法（行星的照相研究）感到失望。在大部分的行星照片上所看到的遠不及用眼睛直接從望遠鏡裏觀測那樣清楚——行星表面都好像沒有對準焦距而顯得模糊不清。這種模糊不清是由於在相當長的露光時間中空氣動盪的結果。觀測行星表面需要有高度的注意集中和耐心。先選好一個適當倍率的目鏡(不一定要放大倍率最大的)，很耐心地注視行星表面，等待空氣層忽然寧靜的機會；在這寧靜的一瞬間，觀測者只應該凝神觀測和記憶，等這一瞬間過去後立刻把觀看到的細節描繪下來，然後再耐心地等待

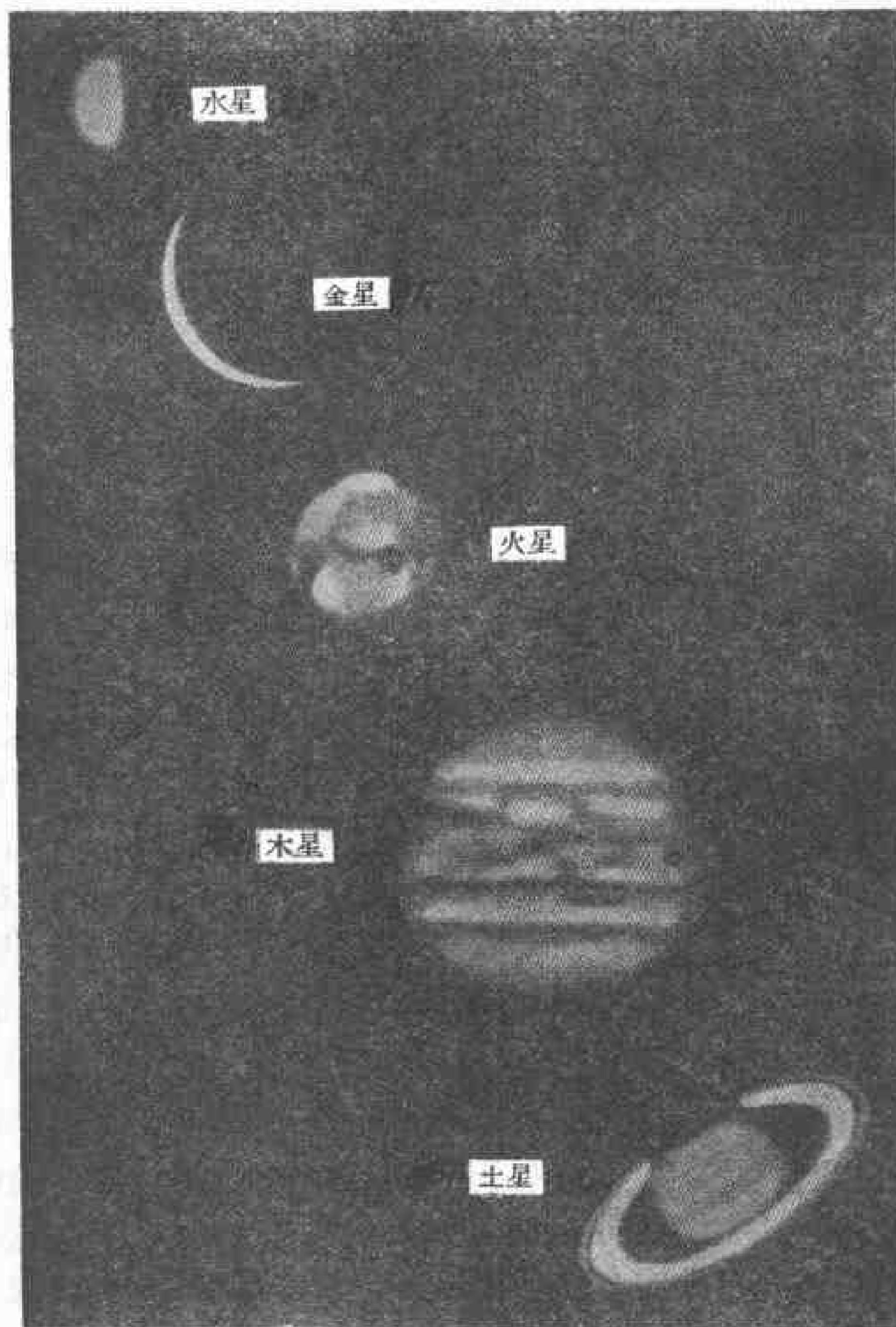


圖 158　行星的照片

下一次有利的機會。空氣的動盪使行星的照相模糊，同樣它也會影響到目視觀測，所以不宜用大倍率的目鏡來觀測行星表面。當然，一個觀測者在很緊張地觀察這些幾乎無法分辨的極細微的形象時，不

免容易完全相信他所看到的一切，並且把他似乎看到的（或想要看到的）也都記錄進去。要防止這種情況的發生，只有無成見地，獨立地重複進行觀測。幾個觀測者同時地，但彼此完全獨立地作出的記錄是非常有價值的。把這些觀測結果比較和分析後所得到的關於細微形象的有無和性質的材料就比一個觀測者的結果要可靠得多。同時完全必要這樣做：觀測者不但不應該在工作時把各人所畫的圖互相觀看，而且也不應該交談各人所看到的印象。

爲了便於測定行星表面各種形象的位置，可以使用附錄 8 的兩個圖：一個是用來觀測木星和土星的稍爲扁的橢圓格子，另一個是圓形格子，用來觀測形狀爲圓形的行星*。

金星　這是除了太陽和月亮以外的最亮的天體。它最亮時的星等是 −4.3 等。金星最亮的時期是在下合前後 36 天。在這個時候，甚至在地面上可以看出金星把物體照出相當清楚的影子。當金星對太陽和地平線的位置適當時，甚至在白天也可以用肉眼看到它。金星像月亮一樣，也有位相的變化：靠近下合時成爲很窄的鐮刀形，在大距時成爲半圓形，接近上合時就變成圓形了。因爲金星上有大氣，所以鐮刀形的兩個尖角看起來伸展得特別長，遠超過只由於太陽照射而生的普通位相的範圍。此外，在金星位相近於 1 時，也就是幾乎整個金星視圓面都被太陽光照射着時，金星明亮部分的形狀，也會由於這種薄明現象而改變。實際上，計算所得的金星位相和觀測所得的位相之間有着某種系統差異（這是蘇聯的天文愛好者們所斷定的）。

準確記錄金星兩尖角的形狀及其所延伸的弧長是很有趣味的。最好預先畫一個表示金星整個圓面的圖（直徑 4—5 厘米），在這圖上儘可能準確地定出兩尖角的位置。還要準確地寫上觀測時刻，並畫上東西方向線。要畫東西方向線，可以在觀測前把目鏡內的一條細絲調節到和東西方向線平行，觀測後根據它來畫；或者讓望遠鏡不動，看視野中金星移動的方向來畫。

---

* 兩個格子採自俄羅斯天文曆（1930 年）的固定部分第 320—321 頁。

金星明暗分界線形狀的觀測值得特別重視。我們知道，因爲金星上面雲層太厚，無法看到它的表面。但是已不止一次地可以見到金星的鋸齒形明暗界線上有缺口的各種特殊形象，金星面上還有暗黑的和明亮的斑點，這似乎是金星表面的物理本性的表現。除了畫下這些斑點，還應該估計它們的亮度(任用一種尺度，例如用五分制)。

把明暗分界線轉變爲直線的時刻記下來是很重要的。在金星上有時也可以看到類似月亮的灰光現象，卽是可以看到金星面上沒有被日光照到的部分。灰光使我們看到的是整個金星表面呢，還是只能看到明暗界線附近的一小部分呢?確定這一點也是很重要的*。

火星 觀測火星需要強力的望遠鏡，一般說來這是天文愛好者無法辦到的。火星角直徑的變化範圍是 3″.5 到 25″。在最好的條件下，用 75 倍的目鏡所看到的火星圓面和我們用肉眼所看到的月亮一

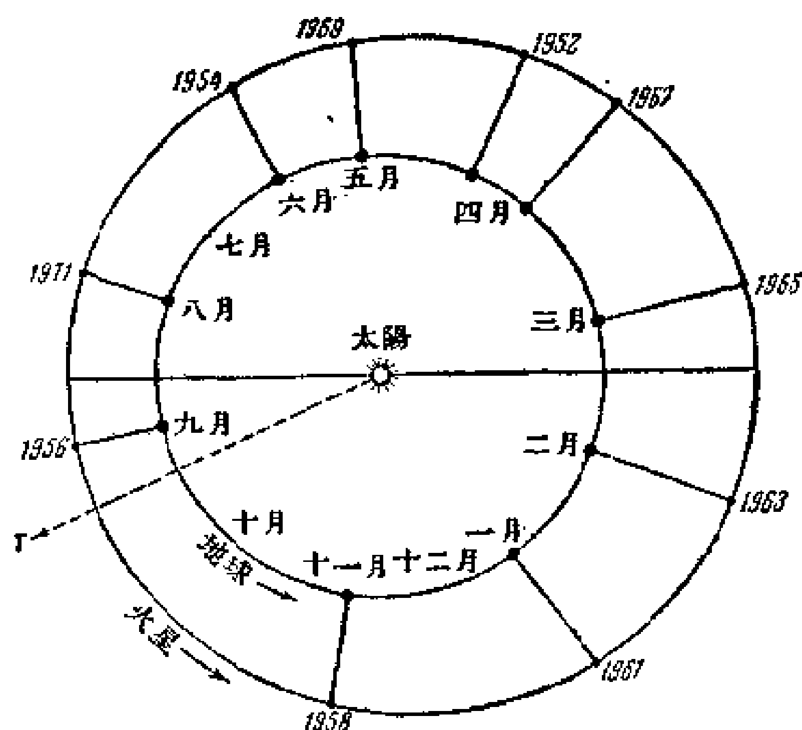


圖 159. 1952 到 1971 年間火星歷次衝的情況

* 整理金星觀測結果的範例，可參考"全蘇天文測地協會公報" 1949 年第 5 期 (12) 和第 7 期 (14) 以及 1953 年第 12 期 (19)。

樣大。火星表面的各種形象是穩定不變的，這使我們可以很容易測定火星的自轉周期，這個周期是24時37分23秒。隨着火星表面上季節的變化，可以很清楚地看出火星的極冠的變化。和其他的外行星一樣，火星在衝的時候最宜於觀測，其中有些次衝對觀測特別有利。最有利的衝是在八九月份，而最不利的衝則在二三月裏。這與在衝的時候地球和火星的距離有關（見圖159）。因爲地球和火星的軌道都是橢圓形，所以在衝時它們的距離並不固定*。火星和地球最接近時的衝——"大衝"——每隔15或17年發生一次。上一次大衝是在1939年，下一次在1956年9月10日。

在大衝的時候火星的亮度幾乎不遜於金星，在離地球最遠的時候則只比北極星稍亮一些。

觀測火星表面的季節變化，也就是南北極冠大小和形狀的變化以及暗色（淺藍淡綠色）斑點的出現和發展，是很有趣味的。在辨認火星表面的細節時，不應該使用任何已畫好的火星表面圖。和其他行星一樣，觀測火星的表面必須完全獨立進行：觀測者要去掉成見，並且儘可能準確地只記錄他眞正看到的形象。觀測時的一切情形（火星表面細節能見度的好壞、月相、曙光和雲等等）都要詳細記入觀測記錄簿。在一切的圖上都要畫出東西方向線，以便辨別方向。

有時可見到火星上出現白色斑點，這些斑點的形狀很快地變化，後來就消失不見。這很可能就是火星大氣中的雲。此外，有時還可以見到火星上個別地方的透明度突然變化——變得昏暗。有些天文學家認爲這是火星上被風括起來的灰塵所成的雲。如果加黃色或紅色濾光片來觀察，就可以增加火星表面形象的反襯。

對於有小望遠鏡的觀測者，蘇聯科學院天文委員會行星委員會（見447頁）爲最近將來的幾次最有利於觀測的火星衝（1954年6月，1956年9月，1958年11月）擬定了下列的觀測計劃：

1. 把用各種濾光片（紅、黃、綠和藍色的）所看到的火星表面各

---

* 當然，火星相對於黃道的位置（火星的天文緯度）也影響到觀測火星的條件。

種形象畫下來。在畫時觀測時間一定要記錄得準到1—2分鐘，並且用5分制估計火星上各種斑點的能見度。

2．用各種不同濾光片觀測，測定暗斑點和陸地對比及亮斑點和陸地對比的反襯。

3．測定白雲及塵埃雲的位置。

4．測定兩極冠的大小並估計兩極冠和圓面中心相比較的亮度。

5．如果觀測條件特別良好，能用大倍率來觀測時，就可以試測運河的能見度以及它們的形狀和結構。

如果能對所有這些形象進行細緻的和有系統的觀測，尤其是用至少5—6吋口徑的望遠鏡，就有可能在這個饒有趣味的行星上發現一些新現象和新規律*。

小行星　最亮的幾個小行星在衝時可能見到，看起來它們很像暗弱的恆星。比較亮的小行星在衝時的星等可從表XVII查出。我們在前面（53頁）已經講到，有的小行星的亮度有變化。要測定小行星的亮度變化，可以仿照觀測變星的方法來進行。但觀測小行星的亮度變化還有一點特殊困難，就是因爲小行星不斷在恆星間移動，需要常常改換比較星。觀測者應該把每一顆新的比較星仔細地和已用過的比較星的亮度相比較。

小行星在天上的位置（即它們的星曆表）可以從天文年曆、天文曆或每年由蘇聯科學院理論天文研究所出版的專門的"小行星星曆表"（"Эфемериды малых планет"）中查出。1950年，全蘇天文測地協會特地爲了小行星觀測出版了一册И. И. 普契林（Путилин）所寫的"小行星觀測指南"（"Инструкция для наблюдений малых планет"）。

木星　從小望遠鏡中所看到的木星及其四個明亮的衛星，已足以給人留下深刻的印象。

木星圓面略扁，上面有好些和木星赤道平行的明暗條紋（圖28）。

---

* 整理火星觀測結果的範例可見1953年第12期（79）"全蘇天文測地協會公報"。

木星圓面中央比邊緣明亮(這在木星像片上看得特別清楚),這說明木星上有大氣存在。根據最新的研究,我們認爲木星周圍籠罩着一層極厚的大氣,主要由氫所組成,但也含有甲烷和氨。由於木星急速自轉,大氣中的雲霧狀形成物沿平行於赤道的方向分佈,並且使這些雲帶的亮度、顏色、寬度甚至它們的分佈都逐漸改變,有時在幾個月之間就變了。此外,天文學家還發現了木星雲帶的變化有 11 年的周期(與太陽活動周期有關)。

木星面上肯定已知的有十一條雲帶或氣流,其中主要的見圖160。在 1879 年,木星南半球緯度約 20° 處發現一個卵形的大"紅

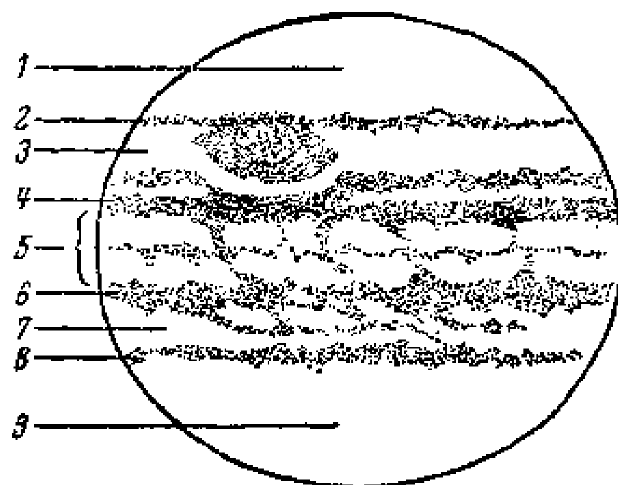


圖 160. 木星表面雲帶分佈簡圖

1—南極區; 2—南溫帶雲帶; 3—南溫帶; 4—南赤道區雲帶; 5—赤道帶; 6—北赤道區雲帶; 7—北溫帶; 8—北溫帶雲帶; 9—北極區。

斑"*,好像是雲羣"流轉的中心"。這個紅斑已經被觀察了幾十年,它有時變得更顯明和更亮,有時幾乎不可見。在 1901 年,木星表面上出現了一個"南赤道擾動區",這是一條長約 70,000 公里的暗帶。

有時在木星面上可以見到持續幾個月的斑點。

測定雲帶的位置和寬度以及描繪木星表面各種的細微形象,還無疑地是很有趣味的。在畫木星以前應該先畫好一個扁率爲 1/16 的扁圓形。詳細的畫法見圖 161: 先畫一個正方形 $ABCD$, 每邊長 2.5

* 可能早在 1665 年就已被卡西尼看到。

厘米；以 C 爲圓心、26 厘米爲半徑在上方畫一條長約 $^1/_4$ 圓周的弧；同樣以 A 爲圓心，26 厘米爲半徑在下方畫一條長約 $^1/_4$ 圓周的弧；以 D 和 B 爲圓心各在左方和右方畫半徑爲 22.5 厘米的圓弧；把這四條圓弧連結起來，就得到木星的扁圓形圓面*。

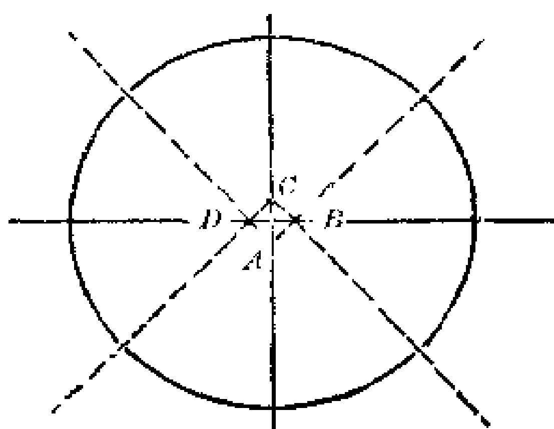


圖 161．木星圓面形狀的畫法

在木星圓面之外應該畫一條木星的赤道方向線。在已畫好的扁圓上，用軟鉛筆把看得最清楚的時候所見到的一切細緻景象都畫出來。有時候必須耐心地等待相當久，才能有這樣的機會。這個時刻一過，空氣的動盪又使行星的形象變模糊了。木星轉得太快，所以準確記錄觀測時刻是極爲重要的。必須記下你所觀測的那些形象通過木星中央子午線的時刻（這條子午線正好平分木星圓面）。

必須分辨出雲帶裏所有的細微形象——隆起的和凹下的部分以及橫堤和交叉等等。用反射望遠鏡和消色差折射望遠鏡觀測，還可看出各雲帶和各個細微部分色彩的差別。一般說來，雲帶的顏色主要是黃色、黃灰色的和褐色的，但是也有淡綠色的、灰色的和淡青色的雲帶和細微形象。

由於在圖上難以反映出雲帶和其他細微部分的亮度差別，最好在圖外加註各部分亮度的估計。這種亮度估計可以用七分制，就是赤道帶的最亮部分作爲 0，最暗的斑點作爲 5（只有木星衛星的影子才比它們暗，這些影子作爲 6）。每次觀測不應超過 10 至 15 分鐘。最好隔一個半小時以後再作與第一次完全獨立的重複觀測**。

---

* 也可用附錄 8 中的有坐標格子的輪廓圖。

** 整理木星觀測資料的非常有趣的範例可見"全蘇天文測地協會公報" 1939 年第 1 期，1952 年第 11 期 (18) 和 1953 年第 12 期 (19)。

用天文愛好者的小望遠鏡只能看到木星的四個最亮的衛星（伽利略衛星），並且只能看成光點而沒有可見的圓面。它們在木星周圍迅速移動，而幾乎總是在通過木星赤道的直線上。在短短幾小時內可以看到木星掩衛星、衛星食（走到木星影子中去）或衛星投在木星表面的影子。從天文曆可以查到每天的四個伽利略衛星對於木星的相對位置以及衛星食的材料。

土星　土星和它的光環是最引人入勝的天文美景之一。用三吋望遠鏡就可以看清楚劃分土星環爲兩部分的“卡西尼環縫”。土星的圓面中央比較亮，這是它的很厚的大氣層吸光的結果。把迅速旋轉的土星上的雲帶畫下來是很有趣的。土星旋轉很快，它的扁度達到了$\frac{1}{11}$。在土星環掩恆星時測定被掩星的亮度是很有意義的。連續兩次估計亮度的時間間隔應該相等，在掩星的整個過程中都應該這樣做。此外還要畫一個被掩星對於土星及其光環的移動路線圖，還要列出一張比較星表（更好的是畫一個比較星的區域圖）。關於測定亮度的方法見本章第 8 節。

在土星衝的時候，可能看到土星第六個衛星，它在這個時候的星等是 8.3，此外也許還可以看到土星的第八個衛星（在大距時是 9.5 等）。

太陽系其他行星的觀測只有用大望遠鏡才能進行。用天文曆中的材料和詳細星圖可以嘗試尋找天王星和海王星並且觀察它們在群星間的移動。天王星一年移動 4—5 度，海王星一年只移動 2 度。其他的材料可見 1948 年由全蘇天文測地協會出版的 B. A. 勃龍什坦（Бронштэн）著“行星觀測指南”（“Инструкция для наблюдения планет”）。

5. 彗星的觀測

其實這一節很可以叫做“彗星的發現和觀測”，因爲一個耐心的觀測者卽使用相當小的望遠鏡也可以發現彗星。有好些天文愛好者

甚至榮膺了"彗星捕獲者"的稱號。一切問題就在於對星空非常熟悉，並且有一個盡可能與你的望遠鏡力量相配合的星圖。找尋彗星最好用短焦距和強聚光力的望遠鏡(所謂尋彗鏡)，以及放大8—10倍的強力雙目望遠鏡。如果觀測者有系統地，耐心地，全神貫注地在每個晴夜觀測整個星空，盡量不放過任何一小片天空，那麼就可能在星圖上* 並沒有星雲和星團的部分發現一個雲霧狀的小斑點。這個小斑點可能就是一個離太陽還遠因而還沒有尾巴的彗星。重複進行觀測就可以確定它是否真是彗星。只要幾個鐘頭就可以從星空背景上看出這個雲霧狀小斑點的微小移動。所以在尋找彗星時，特別重要的就是去觀測接近太陽的夜空部分。因此在上半夜觀測時要特別注意西天，在中夜時向北看(對北半球觀測者而言，南半球反之——譯者)，黎明前則要注意東天。找尋彗星最好是在無月的晴夜，雖然一彎新月也還不會太妨礙這種觀測。在搜尋彗星之前，眼睛要避免強光的刺激，記錄觀測結果時要用非常暗的燈。

觀測彗星最好用小倍率目鏡，使星雲和彗星在天空背景上顯得很清楚。如果用大倍率目鏡，彗星的表面亮度就會減弱，因而難以看到。按同樣的理由，最好用正目鏡而不用負目鏡，因爲在負目鏡中所見的視野較亮。

發現彗星後應該仔細測定它的位置，記下準確的觀測時刻，並盡可能地由連續觀測來估計它在星空中移動的方向和速度。這些數據應該儘快地拍電報給最近的天文機關或者國立史天堡天文研究所(電報地址"Москва，ГАИШ")(在我國可拍電報給南京紫金山天文台——譯者)。電報中必須指明彗星位置的觀測時刻。由於歲差的緣故，恆星的位置不斷變化，所以應當記出所用星圖坐標的曆元。電報的大概形式如下："急電 Москва ГАИШ 2月13日22時30分莫斯科時間發現4等彗星在英仙座δ附近坐標3時42分 赤緯48度1920年

---

* 可用1952年出版的蘇聯科學院通訊院士A. A. 米哈依洛夫的"星圖" "Звёздный атлас" 來辨認。

曆元尼古拉·科斯特洛夫(Николай Костлов)"。

這裏把星座及鄰近亮星名稱一併報告是爲了補救坐標位置的可能錯誤。如果電報中的數字有錯誤，還可根據這些描述而找到彗星。如果彗星有尾巴，應註明尾部的長度(度數)和大概形狀(直的、彎的或成雙的等)。

天文台在收到發現彗星的通知後，就會用特殊的國際電碼把它通知丹麥哥本哈根的國際天文電報局，那裏會用電報通知全世界的天文台。然後這樣彗星就用第一個發現者的名字來命名。發現彗星的觀測者，在發出電報後應該立刻寫一封詳細的信敍述發現的情況，並附寄彗星周圍的星圖，以及所用儀器的簡單情況和觀測者本人的簡况與住址。

在天上發現或找到(根據新聞報導中的坐標)彗星後，應該對它進行有系統的觀測。這種觀測可分兩類：彗星位置的觀測及天體物理的觀測。要計算彗星的軌道，必須至少有三次的位置觀測。觀測次數愈多，算出的位置也愈可靠。因此每一次觀測，尤其是足夠準確的觀測，會在將來起重要作用。

爲了使彗星位置的觀測達到最高的準確度，必須很仔細地測定彗星與附近幾個恆星的赤經赤緯的差(見239頁)，這些恆星的位置可從星表和星圖中查出*。

彗星的天體物理觀測包括測定它的總亮度和研究它的形狀——測定彗星頭部的直徑，尾巴的長和寬，彗核、氣殼及尾部雲霧狀物體的亮度等等。從彗尾的方向和形狀可以按布烈基輿-奧爾洛夫分類法定出它的類型。彗尾的類型就可決定它本身的物理構造和化學成分。測定彗星的總亮度，對於研究它的物理本性是很重要的。假若彗星是不透明的固體，如像行星那樣地反射太陽光，那麼它的總亮度就要隨彗星和太陽的距離 r 以及和地球的距離 d 的平方成反比。

---

* 一般說來，要得到準確的位置(赤經準到 $\frac{1}{10}$ 秒，赤緯準到1秒)必須用特殊的量度儀器來測量彗星的照片。

可是實際測出的彗星總亮度並不與這個假設相符合。彗星的亮度和 $1/r^n d^2$ 成比例而變化，其中 $n>2$，並隨着不同的彗星以及彗星和太陽的不同的距離而變*。估計彗星的總亮度，可用觀測變星的方法。可是因爲彗星是雲霧狀的小斑點，要把它和恆星的焦點像相比是很困難的。因此必須把恆星放在焦距以外（最好移動目鏡）直到恆星的像和彗星的像相似。這種作法對於彗星像的影響要小於對恆星像的影響。假若是一個大而亮的彗星而且有一個很顯著的尾巴，那麼任何的量度和描述就具有很大的價值。系統地畫出彗尾的形狀，記錄頭部的可見結構，測定彗核的大小和亮度，測定彗尾中雲霧狀物體（如果有的話）的位置和運動，觀測彗尾掃過恆星的現象以及測定這時恆星亮度的變化——這些都是對於明亮彗星可以進行的若干至少的觀測項目。可惜這樣的彗星很少出現。在1910年哈雷彗星之後，只出現了三個肉眼可以看到尾巴的彗星（在1927、1947和1948年）。最近的用肉眼可以看成雲霧狀小斑點的彗星是在1948年出現的。一般說來每年總會發現幾個用望遠鏡才能看到的暗弱彗星。一個彗星通常說來可以看到的期間是一兩個月。往後彗星不是變暗，就是隱沒在太陽的光輝中。

假如望遠鏡裝有轉儀鐘，就可試拍彗星的照片。用長焦距的折光望遠鏡，有時露光只需10—15分鐘，就可拍到清楚的彗核照相。但是要拍彗尾，就最好用焦距短而聚光力強的望遠鏡，因爲聚光力強就可以在不太長的露光時間內照到更長的彗星的尾部，而看出彗星的結構。把相隔不久的一系列連續的彗星照片拿來比較，就可測出彗星頭部物質流出的速度及尾部雲霧狀物體的運動速度。用折光鏡拍攝彗星照片時，不但要有轉儀鐘的設備，還應有很好的微動螺旋，這是由於爲了不讓照片上彗星的像因它本身的移動而變得模糊，就必須使望遠鏡隨時追隨彗核（不像普通是追隨恆星）來拍照。把彗星放在視野的中央，開動轉儀鐘，然後在整個露光過程中不斷地旋轉微

* r 和 d 都等於一個天文單位時彗星的星等稱爲彗星的絕對星等，以 H_0 表示。

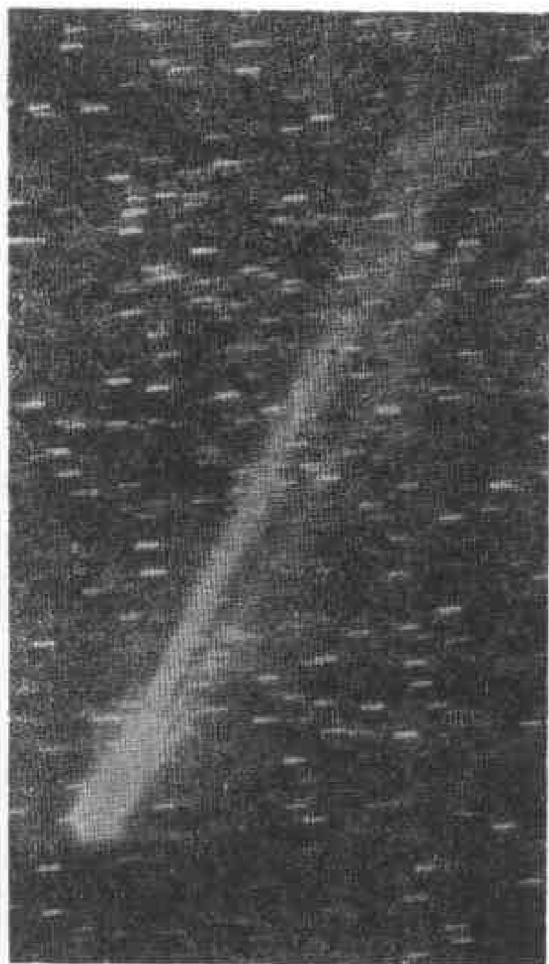


圖 162. 彗星的照片

動螺旋，使得望遠鏡能追隨彗星。這樣就會使照片上的恆星成爲短線（或弧線），而彗星的像則十分淸楚（圖 162）。底片必須是感光最靈敏的，露光時間必須和照像機的聚光力和天空的透明度相稱。在無月的晴夜露光可超過一小時，底片顯影時可用反襯度強的顯影劑。

對觀測者的寶貴的指示和更詳細的指導，可參閱 1948 年全蘇天文測地協會出版的，蘇聯科學院天文委員會彗星與流星委員會主席 C. B. 奥爾洛夫教授的專門的觀測指南。

6. 流星的觀測*

因爲流星的目視觀測很簡單，所以近幾十年來流星的目視觀測普遍是大規模地進行的，而且包含了流星觀測的各方面。因爲在這種廣泛觀測基礎上能够解決的許多流星天文學上的問題都已經被研究過了，所以最好把未來的流星觀測組織起來，預先擬定解決某些具體問題的任務，這樣就能够以最有利的方式來進行觀測，從而得到非常有價值的結果。

下面我們指出一些根據天文愛好者的簡易觀測也可以研究的具有科學價值的有關流星天文學的問題。

1. 流星羣的研究　當地球在軌道上運行，穿過一個流星羣時，流星的數目就多起來，後來達到最多，然後又減少。一個流星羣和地

* 本節爲 B. Ю. 列文 (Левин) 所寫。

球相遇時，它被看到的時間的長度，是隨着這個流星羣的寬度和與地球相遇的情况而定。這段時間的長度約爲10小時(牧夫、天龍流星羣)到一個月(英仙座流星羣)。流星數目的變化和下面的兩種情况有關：一方面要看流星羣和地球相截的部分中，各處流星空間密度的差別；另一方面又要依據在觀測地點上空流星羣輻射點的天頂距的變化。在流星羣活動的整個期間內，有系統地統計流星的數目就可以計算輻射點天頂距變化的影響，並求出這個流星羣沿着與地球相交部分的密度分佈。

流星羣繞日運轉的周期通常是幾年或幾十年。因此地球在不同的年份裏就會碰到一個流星羣的不同部分。假如流星體沿軌道的分佈是不均勻的，那麼在不同年份裏我們看到同一流星羣的流星數目就會不同。要研究流星體沿軌道的分佈，就必須要逐年重複進行觀測。

流星體的質量分佈是一個流星羣的重要特徵。在不同的流星羣中這種分佈是不相同的；就是在同一流星羣中的不同部分，這種分佈也會不同。任何一個流星羣中所有的流星的速度都是一樣的，所以它們的亮度的差別只隨流星在質量(大小)上的差別而定。如果在統計流星時也記錄它們的星等，就可求出流星體的質量分佈。

此外，知道了流星的星等分佈，就能得到不同流星羣中流星數目的可供互相比較的材料，不同流星羣中的流星進入地球大氣層時的速度可以相差很大，而流星的亮度和它們的速度有密切的關係。在一個迎着地球而來的流星羣中的流星如果亮度是五等，其質量只相當於一個趕上地球而來的慢流星羣中同樣亮度流星的質量的四十分之一。因爲流星體越小，流星體的數目就急劇增加，所以我們會把迎着地球而來的流星羣的密度估計過高，而把趕上來的流星羣的密度估計過低。爲了正確地審核觀測記錄，必須如上所述記錄流星的星等。

活動流星羣的輻射點位置現在已經知道得很準確。所以只有很有經驗的"流星觀測家"才能指望他們對於輻射點坐標以及在流星羣活動期間輻射點移動的測定會具有一定的科學價值。對於一個初學

者來說，測定活動流星羣的輻射點，只有練習的性質。

每一個晴夜都可看到弱流星羣(流星數目很少)的流星。因爲弱流星羣研究得還不够，所以還需要經常觀測，把流星畫在星圖上，並測定它們的輻射點。曾經有過這樣的情况：弱流星羣或完全不知道的流星羣，在數小時內會意外地出現大量的流星。這就表示，或者是我們碰到了一個分佈很不均勻的流星羣的最稠密部分；或者是因爲一個流星羣的軌道受行星攝動而改變，使得流星羣軌道和地球相交的情况更有利於觀測。也可能流星羣受行星的攝動而離開地球的軌道，以致我們看不到它。

2. 分散流星的研究　在一整夜中只出現一兩個流星的很弱的流星羣和完全孤獨地繞日運行的分散流星是沒有差別的。這種流星叫做偶然的或分散的流星。統計這種流星就可以研究太陽系中流星物質的一般性質。流星數目的日變化和年變化可以表示出流星體沿着它們在行星際空間中運動方向的分佈。

3. 流星高度的測定　這對地球物理學有重大的意義，因爲它使我們可以根據流星的物理理論來估計 80—125 公里高處空氣的密度。

天文愛好者應該集中精力測定活動流星羣流星的高度，因爲一方面這些流星的速度是已知的，另一方面對這些流星比較容易搜集到足够多的觀測結果。

4. 流星餘跡的觀測　明亮的流星，尤其是快速流星羣(例如英仙座、獅子座流星羣)的流星，有時會留下短時間的餘跡。流星餘跡的研究在改進流星的物理理論上以及在研究流星對於地球大氣層(電離層)的電學性質的影響上是很重要的。非常有趣的是連續數秒鐘，甚至於數分鐘可見的長時間的餘跡。在這段時間內，可以看到餘跡在星空中的移動(見圖 163)。根據這種移動的方向和速度可以求得大氣高處的風的方向和速度。

流星觀測的一般指導　流星現象具有突然性和短促性，這和其他的許多天文現象很不相同。由於這種特性，在觀測前必須仔細作

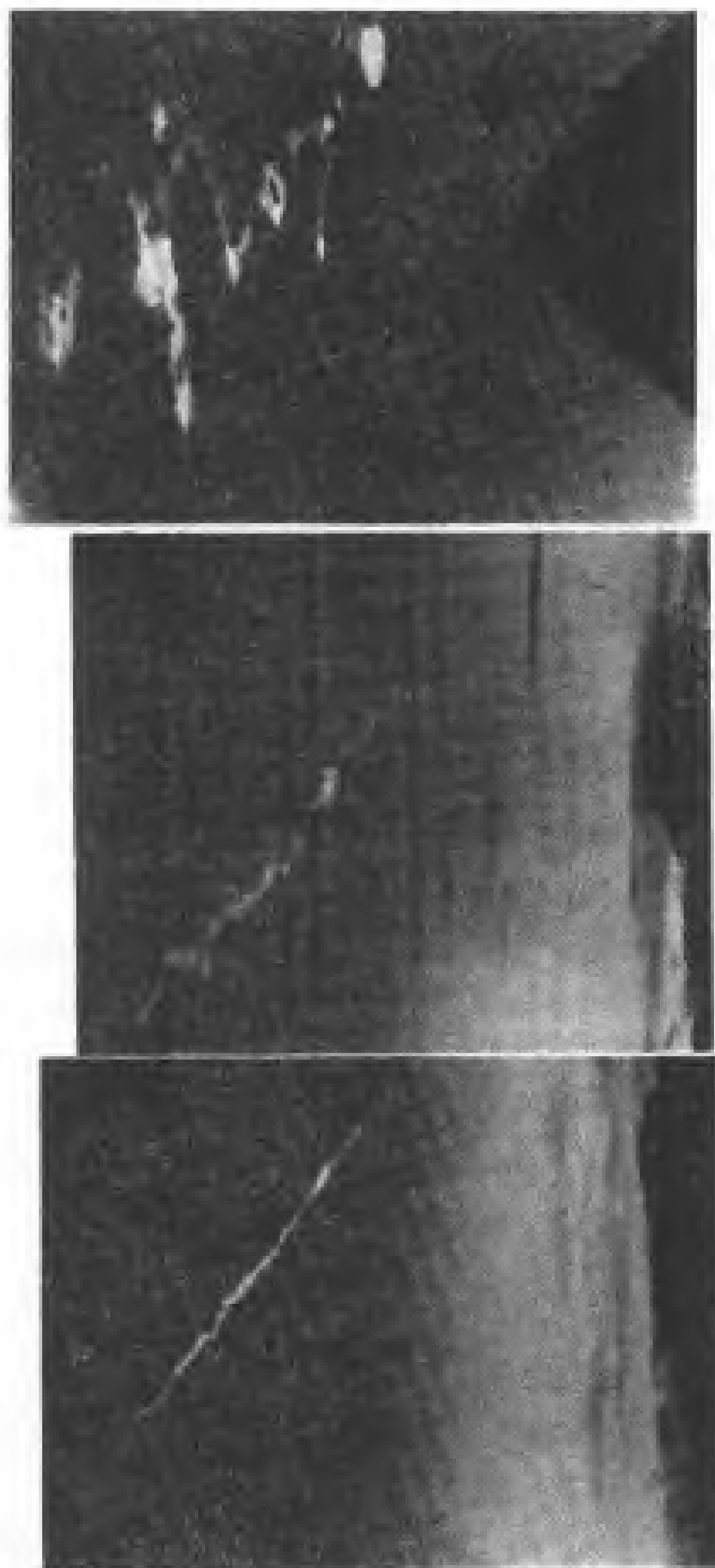


圖 163，一顆明亮流星的三張照片〔1941 年 10 月 19 日 J. 傑巴勃夫（Дебабов）在朱可特克（Чукотке）於幾分鐘內依次拍得〕

好準備，而另一方面在觀測時要很注意。

在開始有系統的流星觀測以前，必須熟練估計流星星等和流星延續時間的長度，以及在星圖上畫流星的路線。觀測的地方應該注意選擇，使你要觀測的那一部分天空能很好地看到，而使觀測者要不致受到周圍光線的干擾。

觀測者的坐位應該很舒適。假如你所選的天空區域很高，就最好坐下來，很舒服地往後仰去，或者甚至於躺着觀測。在任何情況下決不應當把頭往後仰着觀測，因爲這會妨礙血液循環而使得視力減弱。

觀測者應該隨帶暗弱的光源、觀測記錄簿、錶和星圖。燈光只應照在錶、星圖和本子上。最好是用手電筒，燈前用黄的或紅的紙（或其他東西）包起來。

在統計流星時應當在黑暗中記錄，讓眼睛隨時望着天空。要能够這樣作，可以在紙上放一張硬紙版，紙版上有一條條的平行空檔，在這些空檔中作記錄。每次用手指塞住下一個還沒有用的空檔，或者在紙的上端作記錄，每次記錄之後，把用過的那一小條紙摺到後面去。

鐘錶的改正值應當準到一分鐘（假如需要更準的時間，就要把它特別記下來）。如果要精確記錄幾秒鐘的時間間隔（例如記錄流星餘跡的延續時間）最好用有秒針的錶或者用停錶。

有系統地進行流星觀測的觀測者，應該有兩本記錄簿：一本在觀測時作直接記錄，另一本用來在觀測後或第二天把原記錄謄錄清楚。

在觀測記錄本的封面上要寫上觀測者的姓名、觀測地點的名稱及其地理坐標。

觀測記錄簿上應該記錄：(1)觀測日期；(2)觀測目的（例如："英仙座流星羣的流星數統計"或者"大熊座暗弱流星羣輻射點的研究"等等）；(3)觀測前後錶面時刻改正值；(4)天空情況（有無雲、霧和月亮，月亮對於所觀測天空部分的位置以及月相）；(5)觀測者的情況

(精神充沛、疲倦、精神不佳等等);(6)觀測始末時間。記錄紙上應當畫出若干格子(觀測簿中記錄的樣子見圖 164)。觀測時用一般的軟鉛筆作記錄,後來整理謄寫時用鋼筆。在謄寫的過程中不能作任何更動。在觀測時作出的記錄是一個基本重要的文件,必須留心保存。

觀測者: П. С. 札依釆夫 (Зайцев)
觀測地點: 莫斯科第 24 中學天文廣場 ($\varphi=55°45'$; $\lambda=2$時30分.3)

日期: 1948 年 8 月 11—12 日
觀測目的: 測定流星的高度[基線: 莫斯科—波耳謝沃 (Болшево)。在基線第二端點的觀測者為 К. А. 庫羅格金 (Курогкин)。]
鐘面改正值: 11/VIII 19時 $\Delta t=+2$分44秒
12/VIII 7時 $\Delta t=+3$分02秒
天空狀況: 晴朗;但由於街燈的影響,天空的背景是亮的。起先在天頂附近可見 5.2 等星,最後可見 5.5 等星。
觀測者狀況: 3時以前精神好,後來稍為有點瞌睡。
觀測開始時間: 23時11/VIII, 終了時間: 4時30分12/VIII
休息時間: 23時50分—00時00分; 0時50分—1時00分; 1時50分—2時00分; 2時50分—3時03分; 3時48分—4時00分.

No.	時間	星等	延續時間	速度		附註
1.	23時10分25秒	$3^1/_2$	0.15	快	++	
2.	14分53秒	4	0.1	中等	++	
3.	28分02秒	1	0.4	中等	+−	餘跡 0秒.5,在流星中途。
4.	28分55秒	2	0.2	慢	++	餘跡0秒.2至0秒.7,從流星開始起。

圖 164. 觀測簿中記錄的範例

流星在星空中的移動途徑不要直接畫在星圖上,以免損壞星圖。觀測所必需的星圖應預先描畫在一張普通紙或謄寫紙上,大約畫到 4 等星為止。假如觀測的是不太活動的流星羣,這種圖可以用兩三夜。

假如用特製的畫成磬折形的投影圖*（гномоническая проекция）（在這種投影圖上大圓的弧成為直線），整理觀測資料就非常方便。但是任何尺度足够大的星圖都是適用的（例如，1952年米哈依洛夫教授所編的"星圖"）。

最好隨帶一個雙目望遠鏡，假如在流星留下很長的痕跡時就可用來觀測。

為了不使觀測者的注意力在觀測末了時降低（這在統計流星數目時特別重要），觀測時間一般不應超過四小時。此外，在觀測時必須經常休息。冬天的休息次數應該比夏天多些；下半夜的休息次數比上半夜又得要多些。為了整理觀測的方便，最好要使休息的時間成為整分數。不規則的一兩分鐘的休息是非常不好的；無論如何必須要把休息時間記錄下來。

觀測者在星圖上畫流星途徑和在記錄簿上登記觀測事項所花費的時間的平均值，可用專門的記時儀測出，這樣在整理觀測資料時就可以計入所花費的時間。

活動流星羣流星的統計 觀測者所看到的流星數不但和流星的真正數目（也就是我們所要測定的數目）有關，並且還和輻射點高度、所觀測的天空區域的大小及其離地平圈的高度、大氣透明度、天空背景亮度和觀測者的視力與注意力有關。

要近似地計算因輻射點高度的不同所引起的流星統計數目的變化，可以在整理觀測記錄時以 $\sec z$（z 為輻射點的天頂距——譯者）乘上一小時內所見的流星數，這樣就得出相當於輻射點位於天頂時的流星數目。但實際上流星數和高度的關係並不這樣簡單，要研究這個關係，必須在輻射點的各種不同位置情況下分別進行觀測，例如在輻射點升起後不久就開始觀測，或把觀測延續到輻射點快要沒落為止。

* 全蘇天文測地協會為流星觀測出版了四張磬折形投影的天空圖以及為量坐標用的專用格子圖。可按下列地址訂購這些圖：Москва, 9, п/я 1268, ВАГО。

要估計觀測者的視力和注意程度，可以用雙統計的方法來觀測（見 293 頁）。

要計算大氣透明度的變化、月光及其他類似因素所生的影響，可以每隔 1—2 小時（或至少須在觀測開始和結束時）記錄北極星序（見表 XLII）剛可見的最暗星星等，而更好的辦法是記錄在所觀測的天空區域中剛可見的最暗星星等。

在統計流星時往往會忽略計入所觀測天空區域的大小及其離地平圈的高度的必要性。如果觀測某一個一定的星座，那麼，在一夜間它的高度將有變化。要精確計算這種高度變化對於所統計的流星數的影響是辦不到的。因此，我們統計流星應該只限於一個對於地平圈的相對位置不變的天空區域。我們可以用一個特製的框子把所觀測的天空區域劃分出來；或者可以在一個專用的小棚（"流星觀測小屋"）裏，通過它頂上的一面窗子或一個開口來觀測。窗口（或框子）的形狀和大小及其對於觀測者的位置都應該記錄在觀測簿裏，並且應該使得所能看到的天空範圍大約寬 60° 高 40°*。所選擇的天空區域應盡可能地高一些（它的下邊的高度不應低於 30°）。

不要用過於靠近觀測者的小框子，因為這種小框子會使你看得不清楚，而且頭部略為移動就會產生頗大的影響，甚至於兩隻眼睛所看到的視場也不一樣了。最好用一個很大的寬邊的環形框子，把它水平地架在離地面四、五公尺的高處（見圖 165）。

用這種框子觀測時，觀測者的頭如果在水平方向上移動並不會改變他所觀測到的天空範圍的大小；如果觀測者的頭沿着圓周移動的話，那麼他所觀測到的天空的高度也不會變。

當你觀測某一流星羣時，在你所觀測的天空範圍內也會出現別的暗弱流星羣的流星。要可靠地分辨出你所觀測的流星羣內的流星，就應該把你所觀測的天空範圍盡量接近那個活動的流星羣的輻

---

* 在極稀有的機會下可以看到"流星雨"，那時流星的數目就會達到一分鐘幾百個之多。在這種情况下在那樣大的範圍內數流星就太困難，而應該用較小的洞孔。

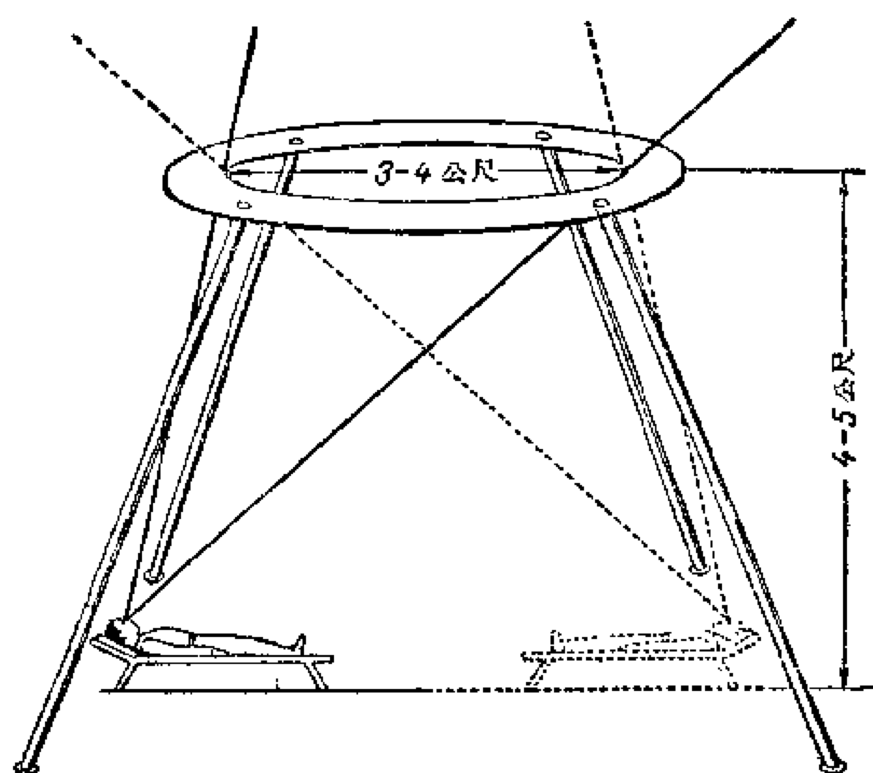


圖 165. 觀測流星時用來限制視野的環的裝置

射點。這只須把觀測者用的躺椅(或小床)相應地搬動就可以作到。

在觀測前，應該按表 XIX 中所列的坐標在星圖上找到輻射點的位置，然後用星圖找出並記住輻射點在羣星間的位置。屬於所要觀測的流星羣的流星，應該用專用符號，登記在觀測記錄簿上。

經驗最少的觀測者可以做**簡單統計**，就是把一定的時間間隔內在所觀測的天空範圍中所見到的流星總數記錄下來，時間間隔的長短以隨所觀測的對象而不同，觀測弱流星羣時可長達一小時，而對一個正在極大期的巨大流星羣只要 5—10 分鐘。每一次統計的始末時刻和所見到的流星數（但要把屬於所要研究的羣的流星和別的流星分別開來）都要記下來。

經驗較多的觀測者才能做**熟練統計**，就是除了統計流星總數外同時記錄流星的物理特徵，這首先是流星的亮度和經歷時間。從這兩個數量的關係可以推知流星體的質量和它在空氣中發亮途徑長度間的關係。

在觀測開始之前應該看一下你所要觀測的天空區域，並記住若干亮星和暗星的星等。與這些恆星相比較可以估計出流星的星等(準到半等)。因爲流星飛行的時間常不到一秒，所以觀測者必須練習估計短的時間間隔。

流星的出現和消失可能在你所觀測的天空範圍以內，也可能在以外(圖 166)。這可用下列記號來表示：

流星的出現和消失都在觀測區域範圍之內＋＋；

流星出現在範圍之內，而消失在範圍之外＋－；

流星出現在範圍之外，而消失在範圍之內－＋；

流星的出現和消失都在範圍之外，僅從這範圍中穿過－－。

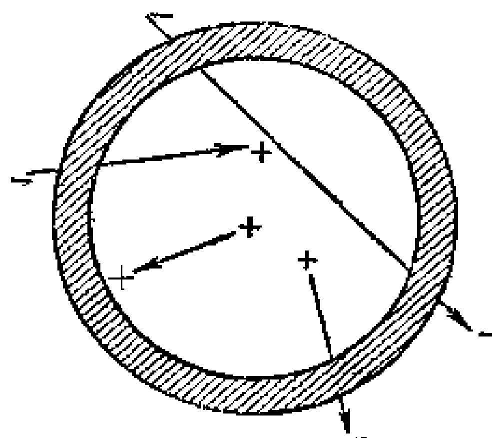


圖 166. 在視野中所觀測到的流星的記號簡圖

當集體觀測流星羣時，假如除用肉眼數流星外還從望遠鏡中在數暗弱的流星，這是非常有趣味的。從雙目望遠鏡或望遠鏡(用最大的倍率)裏觀測流星羣的輻射點或非常靠近輻射點的區域*。在整理結果的時候必須知道雙目望遠鏡或望遠鏡的視野(見 229 頁)。

用雙目望遠鏡或望遠鏡觀測，可以求得輻射點的極精確的位置，所以在這種情形下通常不僅進行熟練統計，並且還把流星畫到圖上去**。

關於望遠鏡流星的觀測的範例可參考"全蘇天文測地協會公報"1948 年第 4 期(11)上 A. M. 巴哈烈夫(Бахарев)的一篇文章。

* 在遠離輻射點的地方流星的視長度和視速度較大。用望遠鏡或雙目望遠鏡觀測時，因爲流星很快地穿過視野，這種觀測就會不準確。所以就只好放棄所觀測天空區域的高度不變的要求而去觀測輻射點本身，因爲在輻射點附近的視長度和視速度很小。

** 這就必須要有尺度很大的星圖。

弱流星羣的流星及分散流星的統計 觀測時應該選擇一片對於地平面和四周的位置都不改變的天空區域。最好選擇在接近天球子午線的附近(南或北都可)。觀測的區域應當依照前述的辦法把它限制起來。

黄昏的時候適於觀測趕上地球而來的流星，早晨適於觀測迎着地球而來的流星。爲了在觀測中能均勻地包含有一定種類的流星，把觀測時間的中點恰好放在當地地方時的午夜是很重要的。例如可以從地方時23時觀測到1時，或者更長些，並且有若干次短時間的休息；但是也可以在黄昏的時候觀測一兩點鐘，然後在黎明前也觀測一兩個鐘點(例如從地方時20時到22時，然後從2時到4時)。

假如像這一類的觀測組織是不可能的，那麼也應該規定一定的觀測時間而在長期的觀測中嚴格遵守。

只有長期的同一類型的觀測結果才有科學的價值。特別寶貴的是在一年內，或甚至於幾年内所作的觀測。如果有幾個觀測者同時觀測北天區域和南天區域，那就很有意義。

假如觀測時沒有活動的流星羣，流星數目很少，這時不做簡單統計而做熟練統計也就不十分費力，並且還可以記錄流星的飛行方向、視速度和視長度。

記錄了這些數值之後，可以在某些情況下用不着把流星畫在圖上，而在所觀測的天空區域內，或其附近，找出輻射點。

畫流星的飛行方向時可照鐘面方向來畫。假想流星出現的一點爲鐘面中心，記錄流星飛行方向是指向鐘面的那一個刻度，6時就表示垂直向下的方向，3時表示向右，9時表示向左等。

流星的視速度可以粗略地用快(б)，慢(м)，中等(cp)來表示。

流星的視長度用度來估計。爲了對天空的角距離有一個正確的概念，可根據星圖(附錄2)，利用大熊座各亮星間的距離來估計。

可見的最暗恆星的星等可照前面講過的方法記錄下來。

假如在數分散流星時，忽然看到從某一輻射點射出來的流星特別多，就必須特別注意觀測它。這就應該把觀測者的位置轉移到使

輻射點在你所觀測的天空範圍內，並且應該用特別的符號把從這個輻射點射出來的流星，在記錄簿上註明（先把這個輻射點在星空中估計的位置記下來）。最好把流星畫在星圖上，將來就可以測定輻射點的坐標（見下）。

流星的雙統計 即使在限制了的天空範圍內，觀測者儘管能看到所有亮的流星，但對暗弱流星說來却只能記錄一小部分。要知道某一個星等流星被觀測者所看到的百分數，就要用雙統計的方法來進行觀測。

兩個觀測者同時觀測同一片天空區域，彼此完全獨立地記錄各人所看到的流星。爲了使這種觀測完全獨立，就要把兩個觀測者用房屋和牆隔開，或者相距一二百公尺。

觀測者不但要記錄流星的星等，並且應記錄其流動的時刻和路線。這是必要的，因爲在整理觀測資料時才能判斷那些流星是兩個觀測者都看到的。

鐘錶的眞正改正值只要準到一分鐘就可以了，但是兩個觀測者的鐘面應在觀測前後互相校對，使其相差不過1秒。記錄流星流動的時刻也應準到1秒。觀測中休息的時間應該力求嚴格一致。

兩個觀測者都看到的某一定星等的流星總數，用第一個觀測者所看到的同一星等的流星總數去除，所得的商數就是兩個觀測者的察現係數（коэффициент замечаемости）（反過來也是一樣）。

用雙統計的方法來進行一切有關流星統計的觀測，可以得出很有科學價值的結果。但如果這樣辦不到，也應該盡可能地隨時進行雙統計來測定流星統計觀測者的察現係數。在雙統計時的觀測條件應當盡量作到和單獨觀測時的觀測條件一樣（如像視野的限制等）。

雙統計的方法當然也可以擴展到三個或者更多個觀測者的情況下。彼此獨立的觀測者愈多，觀測結果的準確度就愈高。

用雙統計的方法來觀測，還可以使我們能够測定觀測者在估計流星星等、流動時間的長度及其他的物理特徵時的系統誤差和偶然誤差。

暗弱流星羣輻射點的研究 要斷定流星輻射點是否存在，提高測定輻射點坐標的精確度，和找出重新出現的輻射點，就必須把流星的流動路線畫在星圖上。使用磬折投影圖或者把流星的路線從圖上改畫到專用的格子上，並且把流星的路線反向延長相交起來，就可得到輻射點。

假使觀測進行得不够正規，就應該把斷定已知輻射點的存在與否以及對於這些已知輻射點的研究作爲觀測的主要目標。可以使用任何一種輻射點表（例如俄羅斯天文曆的恆定部分所刊載的表），對每一次觀測可以選擇在該夜內能見到一個（或一個以上）輻射點的，並且在觀測時位置適宜的天空區域。

流星剛一流過，觀測者不要急着就去看錶或看圖，而首先應該記住流星在羣星間的路線。

有些觀測者建議：在流星剛一流過時就在星圖上沿流星的路線放一根小細棒（例如鉛筆），用手指按住它。應該把流星流動的方向及其出現點和消失點的位置都記下來。例如：一個流星在仙女座 γ 附近出現，流動方向平行於三角座 α, β 的連線，消失於仙女座 α 和白羊座 β 的連線附近。完全不必要知道和記住與流星流動路線有關的恆星的名字，但應該能從圖上找到這些星。觀測者記下時刻，把流星路線畫在圖上，然後在觀測記錄簿裏記上流星的號數、出現時刻（準到一分鐘）、星等、流動時間長度、視速度和顏色。把流星畫在圖上時，應該用箭頭指出其流動方向，並在消失點附近寫上號數。

假若觀測連續進行很多夜（只要天氣和月亮的情況許可），而且觀測同一個天空區域，這樣的觀測就更有價值了。這樣就不但可以確定輻射點的存在，並且可以測定這些輻射點當中的每一個的活動期間，還可以求出在此期間內流星數目的變化。

測定流星高度的觀測 要測定流星出現和消失的高度就必須從兩個相距 30 到 100 公里的地點記錄流星在恆星間的視路線（基線觀測）。觀測地點最好選得使它們的連線（即基線）的方向盡可能地和輻射點的方向垂直。要使兩個觀測者能看到相同的流星，他們應該

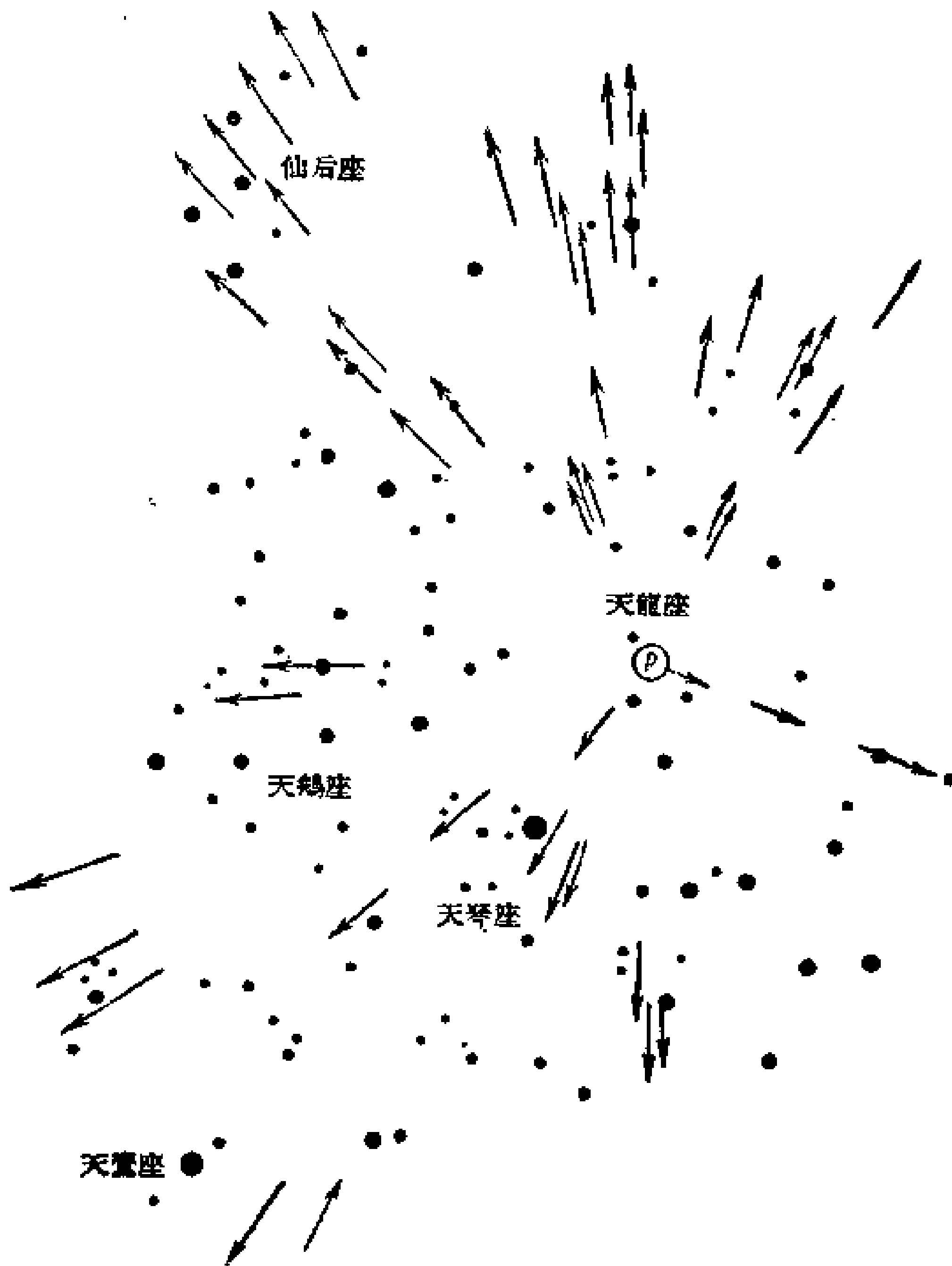


圖 167. 天龍座流星羣。P 是輻射點

觀測大氣的同一區域，最好是正在基線中點上空的區域。在基線兩端的觀測者，應該互相對着面，並注意觀測中心點離開天頂 10—30° 的天空區域（圖 168）。觀測的始末時刻以及休息的時刻應該預先約定成爲一致。

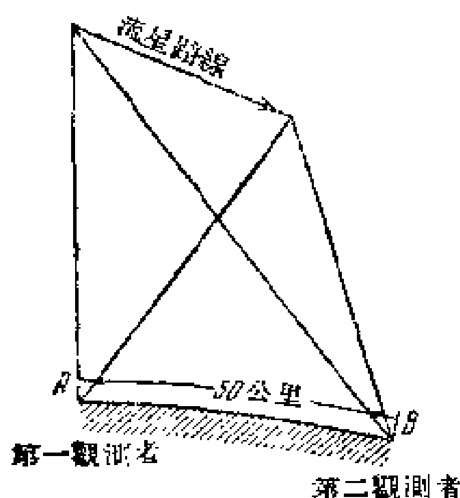


圖 168. 從兩個地點同時觀測流星

爲了使從基線兩端所看到流星數目增多，觀測者需要把注意力集中到觀測區域而不必管周圍的天空。爲此，可以使用以前介紹過的統計流星用的"流星框子"。

流星在恆星間的路線要畫在星圖上。

假使流星留下一條餘跡或看到爆發，應該把餘跡或爆發的地位畫在圖上，並把情况記在記錄簿中（在備註欄內）。把餘跡的移動情况（見下）和爆發的星等記下來是很重要的。

在觀測非常豐富的流星羣時，最好能和一位助手一起觀測。助手按照觀測者的信號（喊"有"）記下時刻並且聽觀測者談話而把其餘的材料記下來。由觀測者本人把流星路線畫在圖上。

流星餘跡的觀測 最好在進行熟練統計時把流星餘跡的記錄也列爲觀測項目之一。這在觀測活動流星羣時尤其重要。對於歷時不足一秒的短暫餘痕，應該估計它們的時間長度並記錄它們對於流星本身可見路線的始點和終點的相對位置。對於長時餘跡，應該記錄它們對於周圍恆星的移動及其形狀和寬度的變化。

應該把餘跡的形狀及其在恆星間的位置依次畫若干張圖，記下每一張圖的時刻（準到一秒）*。雙目望遠鏡對於觀測這種流星餘跡很有用，因爲在雙目望遠鏡中看到的流星餘跡比肉眼所見的要長，並且記錄痕跡寬度也比較容易。

畫雙目望遠鏡中所見的流星餘跡時，要先把該處天空圖憑目視情况畫下來，觀測完畢後再在詳細星圖上找出該處天空區域並用透

---

* 特別重要的是要準確地知道各圖依次相隔的時間長度。因此即使鐘錶改正值知道得不很準確，也應該把一張圖的時刻記錄得準到一秒。

明紙照畫出來，然後根據觀測時所畫的"白晝星圖"把流星餘跡轉畫在透明紙上。在圖旁應證明流星餘跡及流星本身的詳細情況（包括流星的星等、歷時長度等）。

可以用小望遠鏡（使用最低倍率）來觀測明亮餘跡的移動。望遠鏡一定要架得很穩。觀測者一見明亮餘跡，就迅速地把望遠鏡對準它，把餘跡的某一凝聚部分或折裂部分放在視野中央，然後把望遠鏡固定在座架上而觀察這凝聚部分或折裂部分的移動。移動的長度可用視野直徑的幾分之幾表示，移動的方向則可以仿前所述（見292頁）假想視野中心是鐘面中心而用"幾點鐘"來表示。觀測要進行到流星餘跡完全消失為止。在必要時還應隨時移動望遠鏡來觀測。在整理這種觀測結果時必須預先知道視野直徑的大小（見229頁）。

流星的攝影 隨便用一個強力的照相機就能拍攝明亮的流星。照相機可以架定不動而對向所需觀測的天空。每次拍照露光一小時（有月亮時露光時間要短些）。

因為明亮的流星很少出現，所以平均要露光100小時才能拍出一張流星照片。觀測活動流星羣，例如英仙座流星羣，平均露光20小時就能夠得到一張流星照片；而在1933年和1946年的天龍座流星雨出現時，流星數目多到一張底片上拍到10至20個流星。

偶然的零碎的流星照片是沒有什麼科學價值的。可是對同一個流星同時從兩個不同地點所拍的成對的照片却有非常重大的價值，因為這些照片可以供我們精確測定流星的高度。在活動流星羣出現時，應該進行流星的基線攝影。在選擇基線和天空區域時也應該遵循前述的目視基線觀測的辦法。

在1949年，全蘇天文測地協會出版了一冊M. M. 達加也夫（Дагаев）與B. B. 費定斯基（Федынский）的專著"流星觀測指南"，可以從這本書中找到若干補充材料。

7. 隕石的搜集和隕石降落時所發生現象的觀測

隕石是能在實驗室中直接研究的唯一的天體。研究隕石在科學

上是極爲重要的。

爲了鼓勵人們促進科學事業的功勞，凡發現隕石而且把它寄送到蘇聯科學院隕石委員會的人，都會得到獎金。

要把普通的石頭和隕石，特别是那些長久埋藏在地裏而經過風化作用的隕石區别開來，並不是容易的。隕石有石質的、鐵石質的和鐵質的幾種。在剛一落下來的時候，大部分隕石都成爲特殊不規則的碎片形狀，整個表面蓋着一層黑而無光澤的熔化薄層。有時候表面層非常亮，好像塗了一層漆。有的隕石是圓錐形的。隕石的折損處呈灰色，很像地上的石塊。長期埋在土壤中的隕石是暗紅褐色的；石質隕石損壞得很快。隕石表面的另一特徵就是有好像手指按在軟泥上壓成的窪痕。

石質隕石往往在空氣中就碎裂開來，下降而成流星雨。所以如果找到了一塊石質隕石（尤其是形狀不規則並且有新鮮裂痕的石質隕石），應該在周圍地區繼續尋找其他的隕石（有時尋找面積達幾平方公里）。

每年落到地球上來的重達幾十公斤的隕石大概有一千個左右，但這些隕石後來被人找到而成爲科學研究材料的不過4—5個。絕大部分隕石都掉在海洋和沙漠裏以及人跡罕至的地方。

除隕石本身外，尋找隕石的一切詳情也是有科學價值的。對於一個剛落下不久的隕石，把它落下時所發生的一切現象詳盡地記述下來，是很重要的。一定要盡量收集目擊材料，才能確定火流星下落時的情況，並算出流星體在和地球碰撞以前的軌道。

觀測者（或調查者，如果指的是從隕石墮地的目擊者那裏去搜集材料）應該記錄火流星的視路線（在恆星間或相對於周圍景物），飛行延續時間、大小和亮度，飛行時的形狀、顏色，爆發時該地照亮的程度，餘跡的特性（火流星飛過後它的餘跡往往會遺留相當長的時間），以及音響情況；最好把蹤跡和隕石降落處畫下來或拍成照片。

調查降落地點也應該非常仔細，並將調查結果詳細記錄。應該記錄：降落時間和地點的精確材料（地圖），土壤的情況及其由於隕石

降落所生變化的情况，隕石在剛被發現時的位置及一切其他情况。

任何對這方面問題有興趣的人都可以訂購 1950 年蘇聯科學院隕石委員會出版的詳細指南。訂購地點爲：Москва，127，ул. Осипенко，д. 52。此外還可以參考隕石委員會學術祕書，斯大林獎金獲得者 Е. Л. 克里諾夫（Кринов）所著的“天空的石頭”（Небесные камни）（1950 年蘇聯科學院版，1952 年軍事出版社版）。

8. 變星的觀測

關於變星研究的俄文書籍和文章已有很多，例如：“變星及其觀測法”（“Переменные звёзды и способы их наблюдения”，作者 П. П. 巴連那果與 Б. В. 庫卡金，1948 年國立技術理論文獻出版社出版）；“變星”（“Переменные звёзды”，蘇聯天文學家集體編寫的研究專集，共三卷，第三卷專講變星的觀測方法）；“變星觀測指南”［“Инструкция для наблюдения переменных звёзд”，Ф. Ю. 齊格耳（Зигель）著，Б. В. 庫卡金校，1948 年全蘇天文測地協會出版］；“天象觀測指南”，［“Что и как наблюдать на небе”，В. П. 澤謝維契（Цесевич）著，1950 年國立技術理論文獻出版社出版］一書的第八章。

因爲每一個對變星有濃厚興趣的天文愛好者都會涉獵上述書籍，所以我們這裏只講有關變星觀測及其初步整理的最主要的知識和方法。

目視觀測 觀測者可以按照他所有的儀器（雙目望遠鏡、單目望遠鏡*、望遠鏡或肉眼）從表 XLIX 和表 L 中選出當時在天上可以看到的變星（開始時選兩三個）。用肉眼可以觀測 4 等以上的變星，稜鏡式的雙目望遠鏡可以看到 8 等，用口徑 8—10 厘米的望遠鏡可以觀測到 11 至 12 等的變星。表 XLIX 中所列變星的大部分在“變星及其觀測法”一書中都有它們的附近星圖和比較星星等。表 L 中所有變星的周圍星圖可見 419—423 頁；表 L 中還列有不少變星的比較

* 就是稜鏡雙目望遠鏡的一半，這是一種特殊形式的望遠鏡。

星的星等。

對於既無周圍星圖又無比較星的變星，應該用附錄 2 中的星圖，自己選擇比較星，然後牢記住它在圖上以及天上的位置。最好在無月的晴夜進行觀測，並且在觀測前避免明亮燈光的影響。觀測前最好在黑暗中停留一段時間，直到眼睛適應黑暗為止——因為在黑暗中停留一小時，眼睛的靈敏度就會比白晝的靈敏度增強 20 萬倍。暗弱的紅光能加速眼睛適應黑暗的過程。記錄觀測結果時所用的燈光應該非常暗，而且只須射出一條照到記錄簿上需要照明部分的狹窄光束。

要獲得估計變星星等的經驗，首先應該觀測已經研究得很徹底的變星，例如：仙王座 δ，天鷹座 η，天琴座 β 和英仙座 β 星。

估計變星亮度的方法是：選擇兩個光度不變的星（比較星），一個比變星亮，一個比變星暗，把變星和它們比較。為了提高精確度，最好選擇兩三對比較星。變星亮度的估計可以用不同的方式來進行，例如可以把一個變星的亮度用兩個比較星亮度的"間距"的十分之幾來表示。這樣的估計方法就叫做皮克靈（Pickering）的內插法。當比較星的星等已知時這個方法是非常簡便的。但是為了盡可能地改進觀測方法和提高觀測精確度，尤其是當比較星的星等並非已知而需要由觀測者自行測定時，觀測者最好能習慣於用勃拉日哥-尼蘭德（Блажко-Nijland）的內插分級法來估計變星的星等。這個方法是皮克靈的內插法和約一百多年前阿傑蘭德爾（Argelander）所創的分級法二者的綜合。照阿傑蘭德爾自己的話來說，分級法的基本原則如下：

"假如要測定兩個星的亮度差別，這兩個星在我看來老是一樣亮，或者我覺得一會兒一個星稍為亮些，一會兒另一個星又稍為亮些，那麼我就把這兩個星認為一樣亮，而將這種情況用這兩個星的符號並列的方式記錄下來。如果要比較的星的符號為 a 和 b，這時我就寫 ab。

假如我乍看起來兩個星似乎一樣亮，但是經過仔細比較並且反

覆把視線一會由 a 移到 b，一會又由 b 轉到 a，這樣比較起來覺得 a 老是(或者除掉少數例外情形外)比 b 亮，我就把 a 稱作比 b 亮一個等級，而寫成 $a1b$；但如果 b 比 a 亮，那就寫成 $b1a$，所以也就是較亮的星的符號總是寫在數目的前面，較暗星則寫在後面。

如果一個星看起來肯定無疑地比另外一個星亮，那麼就認為這兩個星的亮度差兩個等級；如 a 比 b 亮則寫成 $a2b$，如 b 比 a 亮則寫成 $b2a$。

如果兩個星亮度的差別是一望而知的，這種差別就認為是差了三個等級，就寫為 $a3b$ 或 $b3a$。

最後，$a4b$ 就示更大的顯著差別。"

初看起來，分級法好像非常不準確，而等級的概念也很模糊。但實際上，觀測者的等級的數值會相當快地穩定下來(約達 0.1 星等)，而且會非常穩固地保持不變。

用勃拉日哥-尼蘭德方法的時候，作每一次估計都要用兩個比較星：一個比變星亮，一個比變星暗。觀測者一會兒看一個比較星，一會兒又看另一個，從而估計出這兩個星亮度差別的阿傑蘭德爾等級數，然後用同樣的方法估計變星和每一個比較星所差的等級數；這樣反覆作幾次後就得到某種形式的"統一的"估計。

用這種方法所得到的記錄形式是這樣的(v 表示變星)：$a3v2b$，$a2v5b$ 等。

不論用那一種估計亮度的方法，都應該遵守下列規則：

1. 比較星要選擇得盡可能地在亮度和顏色上都和變星相近；

2. 在觀測某一個星時，要把它放在視野的中央；假如不能同時在視野中央附近看到兩個星，就應該把雙目望遠鏡和望遠鏡在每次估計亮度時來回移動；

3. 在觀測極暗的星時，可以用所謂的側視法，就是不直接看星本身而看星的旁邊不遠的地方。側視的好處是可以看到更暗的星，因為眼球網膜的中央部分要比其他部分的靈敏度差些；但是這種觀測的精確度是比較低的；

4. 記錄觀測時刻應該根據校對好了的鐘：記錄變星觀測的時刻可用下列辦法：對周期短於0.2天的變星記錄時間要準到0.0004天，也就是準到半分鐘（要特別注意鐘走的快慢！要根據無線電報時經常校正鐘面時刻！）；對周期2—3天的變星記錄時刻要準到0.001天，也就是大約2分鐘；周期大於3天時，時間要記得準到0.01天，也就是準到1刻鐘；對於長周期變星，只要準到0.1天甚至於1天就够了；

5. 觀測記錄簿上首先應該註明觀測者及其所用儀器的一切情况、鐘面改正值、所觀測的星的名稱等。觀測結果本身可按下列格式記錄：

變星號數	日期	時間	估計	備註

不很可靠的估計用雙點"："寫在數目字的後面來表示；很不可靠的估計用雙雙點"：："表示。這些符號應該對所有的不可靠的估計都要註上，在從這些估計推化出來的變星的亮度數值後面也要註上。另一方面，最好把特別滿意的估計結果用"！"號標出。在備註欄內則寫上月亮的情况（月相及月亮離變星的遠近）、雲霧及其他氣象現象、曙光、天空被燈光照亮的情况（城市中）、觀測者的狀况（例如：非常疲倦，身體不適等）。

觀測記錄簿中應該畫上變星周圍星圖、準確地標出所用的比較星。在觀測簿上的記錄按時間次序排列，有時也可以把幾個變星平行地這樣記錄。在整理觀測時，應該先爲每一顆變星準備一張專用紙或練習本，把觀測記錄本上的時刻和估計數值摘錄上去，然後再爲下一步的整理作好這樣的表格：

變星號數	時間	儒略時刻	估計	星等	位相	備註

計日法 我們在研究各種有周期性的天文現象時(變星亮度的變化就是其中之一),常採用一種特殊的所謂“儒略周期”* 的計日法,簡稱“儒略日”。這種計日法是十六世紀末約瑟夫·斯卡利格爾(Joseph Scaliger, 1540—1609)所倡議的,按儒略曆從公元前4713年1月1日開始計算,換言之,幾乎把人類的古代歷史時期全都包括在內了。這種計日法對每一天給出一個順序數字,並且都以格林尼治平午作爲每一天的起始時刻。舉例來說,儒略日 2431255.0 就表示1944年6月13.5日。所有的觀測時刻都要化成儒略日及其分數:例如1942年8月2日格林尼治下午3點鐘化成儒略日爲2430574.125(查表XXV和XXVI)。

光行時差 在觀測短周期變星時,必須記入所謂的光行時差。這是因爲我們的觀測時刻都是在運動着的地球上定出來的,也就是從地球軌道上各個不同地位測定的。因爲光的速度並不是無窮大,光穿過地球軌道需要一定的時間,所以在地球軌道上比較接近變星的位置進行觀測時,我們所得到的時刻就要比地球對太陽沒有相對運動時要早一些,而如果是在軌道上離變星比較遠的位置進行觀測,所得時刻就要遲一些。通常我們應該把所有觀測時刻“歸化到太陽上”,就是把觀測時刻加上一個按下列公式計算的改正值:

---

* 儒略周期的長度7980年是三種周期——28年,19年和15年的最小公倍數。28年是所謂太陽周期,在這樣一個周期後一年中同一天的星期日期又相同。19年是麥頓(Meton)月亮周期,一周期後一年中同一天的月相又相同。15年則是所謂羅馬會計周期,是古代羅馬帝國徵收非常稅的間隔年數。公元前4713年是這三種周期起始的第一年。儒略周期的告終日期是格里曆3268年1月22日。

$$\Delta t = -0^d.0058 \cos(L_\odot - \lambda)\cos\beta, \tag{49}$$ *

其中 λ 爲該變星的黄經、β 爲其黄緯，$L_\odot$ 爲太陽的經度。這個改正值的極限值可達到 $\pm 0^d.0058 = \pm 8^m.306$（即光通過日地平均距離所需的時間）。這改正值也可以不用計算，只要查 M. C. 玆維烈夫（Зверев）的列線圖**，就可以很方便地從變星的 α 和 δ 直接得到一年中任一日的改正值 Δt。

平均曲線；變光根數 對變光周期極準確的變星，我們可以把所有的觀測結果歸化成一條曲線，因爲我們可以認爲這些變星的光度曲線在所有各周期中都完全相同。於是我們可以把每一次觀測沿時間坐標軸移動整數個周期，它就會處在和原來曲線上完全相當的位置上。這樣，我們就可以把全部觀測結果移入任一個指定的周期的範圍内；也就是説，把全部觀測結果歸化到一個周期内。

要把觀測結果歸化到一個周期，先要算出每一次觀測的位相，也就是從最近的上一次極大光度或（對於食變星）極小光度時刻到該次觀測所經過的時間。

一個變星的所謂變光根數就是指某一起始極大光度時刻（儒略日及其小數，或稱起始曆元 T_0）和周期長度 P。知道了變光根數 T_0 和 P，就可以照下式求出任一次極大光度的時刻：

$$\text{Max} = T_0 + PE, \tag{50}$$

其中 E 爲整數（曆元數）。

任何一個觀測的時刻 T_i 都可以用下式表示：

$$T_i = T_0 + PE + \Phi^d, \tag{51}$$

這裏 $T_0 + PE$ 表示最近上一次極大或極小光度時刻，Φ^d 表示位相（用日數及其小數表示），注意位相一定要比周期長度 P 短。

如把（51）改寫成

$$T_i - T_0 = PE + \Phi^d, \tag{52}$$

* 更精確的公式是 $\Delta t = -0^d.0058\, R\cos(L_\odot - \lambda)\cos\beta$，其中 R 表示當時的日地距離（以日地平均距離，即以天文單位計）。

** П. П. 巴連那果與 В. В. 庫卡金所著"變星及其觀測法"中附有此圖。

再以 P 除兩邊，就得公式：

$$\frac{1}{P}(T_i - T_0) = E + \Phi^P, \tag{53}$$

其中 Φ^P 是用周期長度 P 爲單位的位相的數值。公式(53)極便於計算。

根據公式(53)，我們可以非常方便地用手搖計算機* 來求變星的位相 Φ^P：

第一步：預先算出 $\frac{1}{P}$ 的數值，把這個數值放在計算機最上方的小窗口中，再搖計算機而把起始極大光度時刻(食變星則爲極小光度時刻) T_0 放在左下方小窗口中，這時右方小窗口中就出現數字。應該搖動它右邊的一個把手把這些數字都去掉，全成爲 0 (或者可以先放 T_0 再放 $\frac{1}{P}$，那麼右方小窗口中的數字一定仍舊都是 0)。第二步：設以 P' 表示最接近 P 的整數，那麼把左方小窗口的 T_0 搖成 $T_0 + P'$，在右方小窗口中就出現一個接近於 1 的數字$\left(\text{就是 } P' \cdot \frac{1}{P}\right)$。把右方小窗口上一條橫桿上的一個活動指標移到指着它的小數點所在的位置(例如數字爲 103200，就把指標移到指向 1 與 0 之間；如爲 97548，就把指標移到緊接在 9 字前面的地方)，這樣就定出了下面將要計算的結果的小數點位置。第三步：把左方小窗口的 $T_0 + P'$ 搖成 T_i，那麼在右方小窗口出現的數字就是相應於該 T_i 值的 $E + \Phi^P$，並且剛才的那個指標已把這結果分出了 E 和 Φ^P (指標左面是 E，右面是 Φ^P)。要驗算這個結果是否無誤，可以在這時把左方小窗口又搖成原來的 T_0，如果得出右方小窗口中數字全爲 0，就表示剛才算得很對。在從大批 T_i 計算大批 Φ^P 時，最好能多做幾次這樣的驗算。還有一點要提出的，就是如果 T_0 及所有的 T_i 的儒略日數最前面幾個

---

* 譯者註：我們在下述計算中所用的總規則是這樣的：如以“左”表示計算機左方小窗口中的數字，以“右”表示右方小窗口中的數字，“上”表示上方小窗口的數字，那麼右$_{\text{搖後}}$－右$_{\text{搖前}}$＝上×(左$_{\text{搖後}}$－左$_{\text{搖前}}$)。

數字全不變，就可以把這幾個數字全部去掉來計算。

如果全部比較星的星等都是已知的，並且已經用勃拉日哥-尼蘭德法得出了變星的亮度估計數值，就不難用很簡單的線性內插法化出變星的星等。我們還可以用下述的圖解法使這種歸化星等的手續變得非常簡便。先在一張毫米方格紙上畫一條横線（見圖169），標

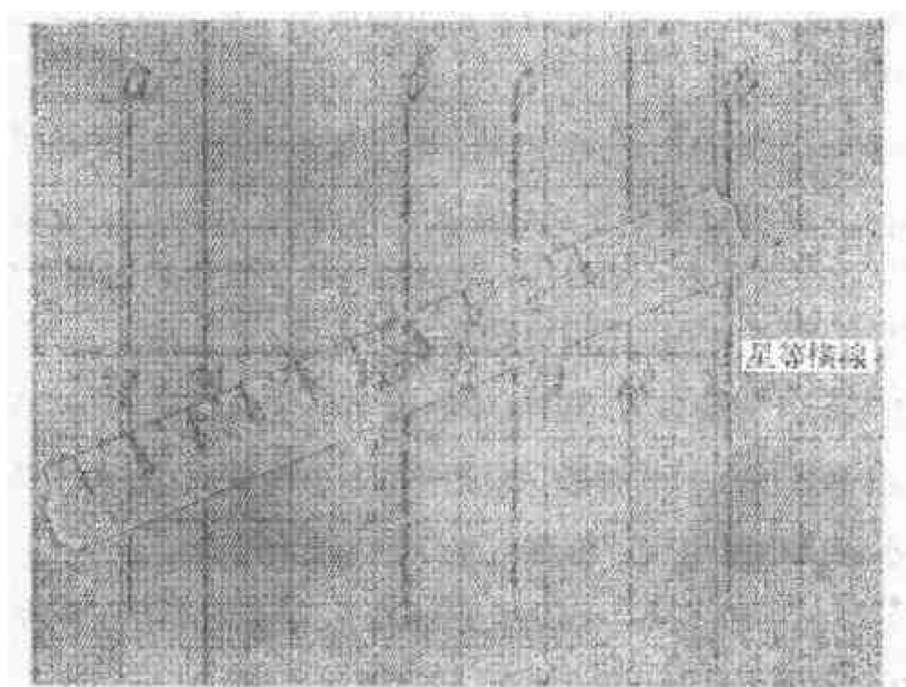


圖 169. 化變星亮度估計爲星等所用的圖解法

上星等數值，按每一個比較星的星等數值從這横線的相應刻度各處畫縱線（例如圖169的 a, b, c, d 四條縱線）。再用透明紙做一條小尺，尺上選一點作爲0點，在0點左右各刻上約5—6個刻度（刻度單位大小可任意用一個數值）。於是，求變星星等的方法可舉例如下：如果變星 v 和比較星 a $(6^m.82)$ 及 b $(7^m.47)$ 比較，估計得 $a2v3b$，就把小尺斜放在方格紙上，使 a 線交小尺於0點左面的刻度2，b 線交小尺於0點右面的刻度3，然後從小尺0點向星等横線作一條垂線，那麽垂足的星等數值就是所求的變星星等（這例子的結果爲 $7^m.08$）。

這樣，我們就可以把觀測整理表中的“星等”一欄逐一地塡上。

如果所用的星等採自某個星表或别的變星研究者的研究文獻，

你就必須注意到由各個觀測者的不同特性和所用的不同儀器而引起的可能差異。這些差異首先會影響到顏色不同的星。每一個觀測者（和他的儀器合起來）最後都要化出他自己的測光系統——自己的星等尺度。因爲變星的估計是按照每一個觀測者的測光系統來進行的，因此比較星的星等也必須和這個系統取得一致，這可以照下面的方式來進行。在觀測的過程中，應該抽出些時間（在每7—10次的觀測中作一次）來估計所有比較星之間的亮度差別。這樣就可以得到好幾個形式如下的估計結果：

$$a5b3c7d2e \text{ 等.}$$

取這些結果的平均值，得到的結果假定是

$$a5.9b2.4c6.9d1.8e \text{ 等.}$$

這是比較星的等級尺度。如果給最暗的比較星（例如上述的 e 星）以數值 0.0，那麼較亮的 d 星的數值爲 1.8，c 是 8.7，b 是 11.1，a 是 17.0。現在就可以在圖上比較任何其他星等（m）和所得的比較星的等級估計（見圖 170）。

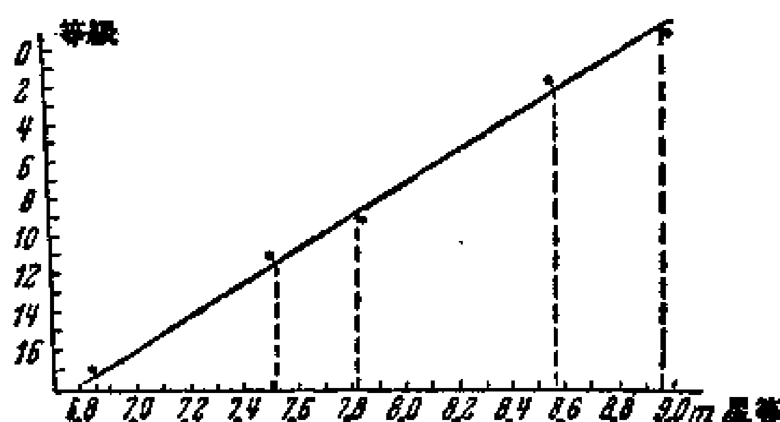


圖 170. 用等級尺度的直線來表示比較星的星等

從這圖可以看出，這些點子可以把表示星等和等級尺度關係的直線的方向定得够準（所謂點子很好地"落在"同一條直線上）。點子不正在直線上表示測光系統間有差異。但因爲我們的等級估計並不能認爲是完全精確的，所以在用等級尺度來表示比較星的星等時，我們就要採取一種折衷的辦法，就是從每一點向直線作垂線，然後求出

和這些垂足所相應的星等。這樣，我們就像是把等級估計和星等都稍為修改了一些。這種化為直線的方法可以綜合在下表裏：

比較星	星　等	等　級	最後採用的直線化星等
a	6ᵐ.84	17ᵐ.0	6ᵐ.86
b	7.48	11.1	7.51
c	7.82	8.7	7.81
d	8.55	1.8	8.57
e	8.96	0.0	8.94

上述把變星估計亮度換算為星等的方法必須化到上表中最後採用的星等。

假如比較星的星等還沒有被任何人測定過，那就要自己用任一種星體的測光標準來測定。這種標準例如北極星序（見79頁，表XLII及其附圖），昴星團（見128頁，表XLIII及其附圖）及其他的天空區域；其中所有的星（直到最暗的星）的星等都是經過多次的專門研究而測定的。在這種情況下，即使是根據和標準星比較而得的星等，也必須用上述的等級尺度方法來加以修正。

如果變星的周期還沒有被任何人測定過，就可以自己先來嘗試測定。可以畫一個坐標圖，用橫軸表示儒略日，用縱軸表示亮度估計數值。如果觀測記錄够多，而且這些數據都適當地分佈在光度曲線上，就可以看出周期的長度；並且經過幾次嘗試後就可以測定變星的變光根數。

有時候由於觀測點子分佈得不勻稱，從光度曲線圖上就不能找出變星的周期，但是却有了若干個可靠的極大和極小光度的測定值。B. П. 澤謝維契教授在他所著的"天象觀測指南"一書中講到他自己所創始用已知三個非常精確的極大（或極小）光度時刻來測定變星周期的方法。

下述的根據任意幾個亮度極大（或極小）時刻來測定變星周期的方法，在一定程度上是 B. П. 澤謝維契教授方法的發展和綜合，但是

所需的計算比較簡單。

有了許多極小亮度時刻 T_i，我們可以求出一批獨立差數 ΔT_i*，並按照它們的大小次序排列成一個表。我們可以把每一個差數 ΔT_i 表示爲周期 P 和一個整數 n_i 的乘積：

$$\left.\begin{aligned}\Delta T_1&=n_1P,\\ \Delta T_2&=n_2P,\\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\\ \Delta T_m&=n_mP.\end{aligned}\right\}\qquad(\alpha)$$

依次把(α)的每一個方程式除以下一個方程式，得：

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}=\frac{n_1}{n_2},\cdots,\ \frac{\Delta T_{m-1}}{\Delta T_m}=\frac{n_{m-1}}{n_m},$$

由此得：

$$\left.\begin{aligned}n_2&=\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}n_1,\\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\ n_m&=\frac{\Delta T_m}{\Delta T_{m-1}}n_{m-1}.\end{aligned}\right\}\qquad(\beta)$$

依次令 $n_1=1,2,\cdots,5$ (或至 4 爲止)，而從 (β) 的第一個方程式求出爲整數的 n_2 值。再用這些 n_2 數値從 (β) 的第二個方程式求出爲整數的 n_3 的數値，依此類推。可以把所得結果，寫成下表的形式：

n_1	n_2	n_3	n_4	……	n_m
1					
2					
3					
4					
5					

顯然，這個表中只可能有一行全是整數。根據 n_i 的數值從 (α)

* 即是說這些差數中的任一個 ΔT_i 都不能由其他差數只用加減法來求得。

的各方程式就可求得一批周期常數 P 的數値及其平均値 $\overline{P}$，或者也可以直接以下列公式求得 $\overline{P}$：

$$\overline{P}=\frac{\Sigma\Delta T_i}{\Sigma n_i},$$

其中 i 從 1 變到 m，而 Σ 是表示總和的符號。

關於整理變星觀測記錄的其他方法的詳細情况，可以參閱前面列舉的各種參考書籍。

變星的照相觀測 如果天文愛好者備有附着轉儀鐘裝置的赤道儀，就可以進行有系統的星空攝影，並用照相底片來研究變星，這就能更廣泛地參加變星研究。實際上用任何照相機都可以拍攝星空，但是要得到優良的結果最好使用照相器材店出售的“Индустар 13”，“Индустар 17”，“Индустар 4”的強力鏡頭照相機。用這些鏡頭可以用13—18厘米和甚至18至24厘米的底片拍攝天象，而用 9×12 厘米的底片來拍攝時，底片上所有各部分的星都是非常清楚的。表 32 列出關於上述各鏡頭和關於廣泛使用的“Фотокор 1”(Ортагоз)，“Москва 3”(Индустар 23)，“Турист”(Индустар 7)、“Любитель”(T-22)和“ФЭД”牌照相機的各種鏡頭的材料。

表 32 照相鏡頭的材料

鏡頭名稱	相對口徑	焦距(厘米)	鏡頭直徑 (厘米)
Индустар 17	1:5	50	10
Индустар 13	1:4.5	30	6.7
Индустар 4	1:4.5	21	4.7
Ортагоз	1:4.5	13.5	3.0
Индустар 23	1:4.5	11.0	2.5
Индустар 7	1:3.5	10.5	3.0
T-22	1:4.5	7.5	1.7
ФЭД	1:3.5	5	1.4

應該記住：鏡頭直徑愈大，就可以拍到愈暗的星，而鏡頭的焦距愈長，所拍出底片的尺度也愈大。

爲了進行天體攝影可以在望遠鏡上裝一個照相機，或者爲已有

的鏡頭作一個適當大小的方匣子，在前壁裝鏡頭(最好把鏡頭裝在金屬框子上，框子上的螺絲正好可以和鏡頭框子上的螺絲相配合)，而在後壁刻上裝底片匣用的槽。匣子應該不透光，裏面塗黑。匣子必須非常牢固地裝在赤道儀上，並且預先把照相機對準望遠鏡鏡筒的中心(用毛玻璃)。當然這樣一來，望遠鏡就要和照相機一道重新調整平衡(見 232 頁)。在拍照時，望遠鏡的主要鏡筒用來控制轉儀鐘。

用眼睛看毛玻璃上的像可以近似地校準照相機的焦距。但是要精確找出攝影焦距，就必須試拍一些校準焦距的照片。這可以先把鏡頭在框子的螺旋上旋出一小段距離，然後停住轉儀鐘選擇某一顆亮星拍幾張露光時間很短(15—20 秒)的照片，而在拍攝每張照片後要依次把鏡頭連框子旋進螺旋槽四分之一或二分之一轉的距離，然後再拍下一張照片。最後一次露光時間要比較長些，以便區別出第一條星跡和最後一條星跡。在這些星跡的短線中，有一條最細，這就是焦距最好時所攝的。定出這條星跡是當鏡頭在什麼位置時所攝的，然後把鏡頭旋轉到這個位置。此外，最好把轉儀鐘開動，再拍一張定焦距用的照片，照片上的星就成為點，在露光的間隔當中，不但要把鏡頭的位置移動(最好只在剛才求得位置的附近)，並且還要稍微改變在導星鏡視野中星的位置。結果就會在底片上得到一串星點，其中最小而最清楚的，就相當於最準確的焦距。

假如底片的中心正在焦面上，這時照片邊緣上的像就會略在焦面之外。要擴大底片上成像最清楚的範圍，就必須爭取不僅使底片的正中央，而且還要使圍繞底片中心周圍的環形區域也都對好焦距。這個環的半徑隨着不同鏡頭而變。平均說來，這半徑約為底片寬度的四分之一。

在拍攝所選定的天空區域時，觀測者把導星(不要太暗!)放在主鏡的十字絲上，然後要在整個露光的過程中(可能有數十分鐘之久)，看管導星的位置，必要時可用微動螺旋來調節鏡頭，使得導星的位置不變。

在照相機鏡頭的前面，應該裝一片輕的蓋子，觀測者可以用一根

細繩子和一個小滑輪當露光開始時把蓋子拉開，而在露光完了時關上。開關動作不要過於猛烈，以免影響望遠鏡的均勻轉動。

拍攝星體應該用靈敏度最高的底片，這樣就能在底片上拍到盡可能地最暗的星。不論拍照和顯影都應該在永遠同樣的情況下進行，用同一種底片和同一種顯影劑。這種材料上的和工作過程中的統一性，可以使我們能够最充分地利用所得到的照片。

對於變星的研究說來，在一個長時期中（例如一兩年*）有系統地拍攝天空的同一區域是很重要的。蘇聯科學院天文委員會所屬的變星研究委員會根據總的計劃和天文愛好者的能力可以指示他去研究那些還沒有充分研究過的天空區域。

底片上變星亮度的估計是用一個放大鏡按照非常類似於前面在目視觀測中所講的方法來進行，所不同的是現在我們要比較的是不同亮度的星在照相底片上所生的效果。不但要比較變星和比較星的像的濃度，並且要比較它們的大小。至於其他方面，前面講到的關於變星目視觀測的一切辦法在這裏都同樣適用。

在觀測記錄簿上不但要詳細記錄日期和露光始末時刻，還要記錄有關攝影的一切情況（底片種類、導星、天空狀況、月相等）。在從底片匣子中把底片抽出來之前，要把蓋子抽出一點來，用普通鉛筆在底片的藥面上寫上日期、該夜的底片號碼以及攝影的對象，以便將來在顯影和晾乾以後可以根據觀測簿上的記錄在底片的邊緣用墨水寫上日期、號數和攝影對象（導星）、露光時間長度等。

保存底片一定要用個别的封袋，而且預先不使它受到灰塵、潮濕和受熱。觀測者應該爲自己的"玻璃圖書館"編製一個專用目錄，按照時間次序記上一切與所拍底片有關的材料。

不但是專家而且也包括天文愛好者的變星觀測和研究的結果都刊載在蘇聯科學院天文委員會變星研究委員會出版的"變星"（"Пе-

---

* 說得更精確一些，就是在兩個觀測季節之間，這些觀測季節的長度對於不同的天空區域可以從 2—3 個月變到 6—8 個月。

ременные звёзды")雜誌上。

9. 結 論

總結起來講,應該提醒年輕的未來的科學家們,任何研究工作都應該進行到底,而最珍貴的最有價值的觀測結果一定應該發表。可惜的是,事實往往會這樣,研究者對他的工作冷淡下來,不但不熱心寫總結全部研究的文章,甚至於不把研究工作進行到底。

在這裏,我們還可以提出下列的意見和忠告:

1. 業餘愛好者的天文觀測工作只有在這樣一個條件下,即他們有足够的統一性(也就是說用同一儀器和同一方法進行觀測)並且是有系統地進行時才具有科學的價值。

2. 在很多的情況下,集體觀測(但彼此是完全獨立的)要比單獨的觀測有價值得多。在整理集體觀測資料時,個別的差異情况和各個觀測者的人差就可以看出來,偶然誤差也就可以拉平。

3. 在觀測工作開始以前應該對觀測的計劃深思熟慮,要使你所担負的任務和儀器的能力相稱,並且應該事先把觀測時所需的事項安排妥當,以免臨時手忙脚亂。對於夜間觀測時的記錄技術(照明!)要特別注意,這樣才不至於使你在那些分散注意力的瑣碎事情上枉自浪費時間。

4. 一切觀測記錄必須記得很清楚準確。必須練習把數目字寫得很清楚,才永遠不會混淆,例如把3和9搞混,把7和1搞混等。記錄一定要在本子上,而不要寫在零散的紙上。

5. 必須詳盡記下觀測時重大的情况,尤其是關於儀器的情况。

6. 在畫太陽、行星等天體以及在編製或複繪星圖(例如變星周圍星圖)的時候,應該盡量畫得精確,雖然用不着顧慮圖上的"藝術的完美性",然而也要注意地把它畫得好而準確。

一切有關天文工作組織的問題都應該和當地最近的全蘇天文測地協會分會(見表 LX),或者和蘇聯的各天文台(表 LIX 甲)取得聯系。

天文學參考圖書

這裏所介紹的只是一個關於主要天文書籍和參考書的極爲簡要的一覽表。這本天文學愛好者手冊中所講到的天文知識是太簡短了，看了這些參考書就可以擴大並深入了解和增進這方面的知識。應該指出，全蘇天文測地協會的"天文曆"（莫斯科國立技術理論文獻出版社出版）經常系統地介紹關於天文學和有關學科的文獻目錄。"天文曆"的圖書介紹中不但包括了書籍，並且也載有蘇聯天文台及研究所的一切出版物，以及科學和通俗性科學雜誌中所有的有關天文的文章；蘇聯科學院所出版的天文雜誌——"天文學雜誌"——也系統地報導天文文獻。有時候"科學與生活"、"物理學的成就"、"中學物理教學法"以及若干其他的雜誌也發表天文學的文章和天文文獻的評論。

在下列教科書及參考書中也多載有其他天文圖書的介紹目錄。

（譯者註：標有星號者，有中文譯本。）

教科書

Блажко С. Н., 普通天文學教程 (Курс общей астрономии), 國立技術理論文獻出版社, 1947。

Воронцов-Вельяминов Б. А., 天文學(Астрономия)(中學十年級教科書), 蘇聯教育部教科書出版社, 1951。

Воронцов-Вельяминов Б. А., 天文學習題彙編(Сборник задач и упражнений по астрономии), 第三版, 國立技術理論文獻出版社, 1953。

*Полак И. Ф., 普通天文學教程 (Курс общей астрономии), 第六版, 國立技術理論文獻出版社, 1951。(戴文賽等譯, 商務印書館出版, 1953。)

Попов П. И., Баев К. Л., Воронцов-Вельяминов Б. А., Куницкий Р. В., 天文學(Астрономия), (師範學院教科書), 第三版, 蘇聯教育部教科書出版社, 1953。

*Фесенков В. Г., 普通天文學 (Общая астрономия), 國立技術理論文獻出版社, 1946。(畢黎譯, 中華書局, 1952。)

一般性的通俗科學書籍

*Воронцов-Вельяминов Б. А.，宇宙概說(Очерки о вселенной)，第二版，國立技術理論文獻出版社，1952。(鄭文光等譯，將由中國青年出版社出版。)

Ивановский М. П.，到星球之路(Дороги к звёздам)，"青年近衛軍"出版社，1950。

Ивановский М. П.，遙遠世界的探測(Разведка далёких миров)，蘇聯教育部兒童書籍出版社，1951。

Полак И. Ф.，通俗天文學(Общедоступная астрономия)，國立技術理論文獻出版社，1944。

*Попов П. И.，普通實用天文學(Общедоступная практическая астрономия)，第三版，國立技術理論文獻出版社，1953。(劉世楷譯，科學出版社出版。)

Фесенков В. Г.，現代對宇宙的概念(Современные представления о вселенной)，蘇聯科學院出版社，1949。

天文學分科圖書

*Амбарцумян В. А.，Мустель Э. Р.，Соболев В. В.，Северный А. Б.，理論天體物理學(Теоретическая астрофизика)，國立技術理論文獻出版社，1952。(戴文賽、席澤宗譯，科學出版社出版。)

天體物理學和恆星天文學教程(Курс астрофизики и звёздной астрономии)，卷一，蘇聯科學院通訊院士 А. А. Михайлов 主編，國立技術理論文獻出版社，1951。

Бакулин П. И.，基本星表(Фундаментальные каталоги звёзд)，國立技術理論文獻出版社，1949。

*Блажко С. Н.，實用天文學教程(Курс практической астрономии)，第三版，國立技術理論文獻出版社，1951。(夏堅白、李春生譯，高等教育出版社出版，1954。)

*Блажко С. Н.，球面天文學教程(Курс сферической астрономии)，第二版，國立技術理論文獻出版社，1954。(第一版中譯本，易照華、楊海壽譯，高等教育出版社出版，1954。)

Бугославская Е. Я., 天體照相測量學(Фотографическая астрометрия), 國立技術理論文獻出版社, 1947。

Воронцов-Вельяминов Б. А., 實測天體物理學教程 (Курс практической астрофизики), ГИТТЛ, 1940。

Дубяго А. Д., 軌道計算 (Вычисление орбит), 國立技術理論文獻出版社, 1949。

Дубошин Г. Н., 天體力學導論 (Введение в небесную механику), ОНТИ, 1933。

*Кондратьев Н. Я., 航空天文學(Астрономия в авиации), 蘇聯陸軍部軍事出版社, 1952。(劉世楷譯, 將由科學出版社出版。)

Крат В. А., 天體平衡圖 (Фигуры равновесия небесных тел), 國立技術理論文獻出版社, 1949。

Куницкий Р. В., 航空天文學教程 (Курс авиационной астрономии), 蘇聯陸軍部軍事出版社, 1949。

Михайлов А. А., 重力測量學和地形理論教程 (Курс гравиметрии и теории фигуры Земли), 第二版, ГУГК, 1939。

Михайлов А. А., 食論 (Теория затмений), 第二版, 國立技術理論文獻出版社, 1954。

Орлов А. Я. 和 Орлов Б. А., 理論天文學教程(利用計算機測定行星和彗星軌道) [Курс теоретической астрономии (определение орбит планет и комет с помощью счётных машин), ГИТТЛ], 1940。

*Паренаго П. П., 恆星天文學教程 (Курс звёздной астрономии), 第三版, 國立技術理論文獻出版社, 1954。(中譯本將由高等教育出版社出版。)

Сорокин Л. В., 重力測量學和重力測量探測 (Гравиметрия и гравиметрическая разведка), 國立技術理論文獻出版社, 1951。

Субботин М. Ф., 天體力學教程(Курс небесной механики), 卷一, 第二版, ГИТТЛ, 1941; 卷二, ОНТИ, 1937; 卷三, 國立技術理論文獻出版社, 1949。

Тихов Г. А., 目視和照相光度學基礎 (Основы визуальной и фотографической фотометрии), 哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院出版, 1950。

Хлюстин Б. П., 航海天文學 (Мореходная астрономия), "海運出版社", 1948。

Унзольд А., 恆星大氣物理學(Физика звёздных атмосфер), Э. Р. Мустель 教授編輯和補充, 外國文獻出版社, 1948. (譯自德文: Unsöld A., Physik der Sternatmosphären, 1938。)

*Шкловский И. С., 無線電天文學 (Радиоастрономия), 第二版, 國立技術理論文獻出版社, 1955。(王綬琯等譯,將由科學出版社出版。)

除上載的教科書和圖書外,專題書籍分列如下:

太陽和太陽系

Астапович И. С. 和 Федынский В. В., 流星 (Метеоры), 蘇聯科學院出版社, 1940。

Баев К. Л. 和 Шишаков В. А., 月亮 (Луна), 蘇聯科學院出版社, 1941。

*Барабашев Н. П., 月亮和行星上物理情况的研究 (Исследование физических условий на Луне и планетах), 國立哈爾科夫大學出版社, 1952。(楊海壽譯,將由科學出版社出版。)

Бредихин Ф. А., 彗尾 (О хвостах комет), ГИТТЛ, 1939。

*Вавилов С. И., 眼睛和太陽 (Глаз и Солнце), 第四版, 蘇聯科學院出版社, 1951。(湯定元譯,將由科學出版社出版。)

Варсанофьева В. А., 地球的起源和構造 (Происхождение и строение Земли), 地質文獻出版社, 1946。

Вальдмайер М., 太陽研究的結果與問題(Результаты и проблемы исследования Солнца), 外國文獻出版社, 1950。(譯自德文: Waldmeier M. Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung, 1941。)

Зигель Ф. Ю., 火星之謎 (Загадка Марса), 蘇聯教育部兒童書籍出版社, 1952。

Зигель Ф. Ю., 彗星 (Кометы), 國立技術理論文獻出版社, 1953。

*Калитин Н. Н., 太陽的光線 (Лучи Солнца), 蘇聯科學院出版社, 1947。(科學出版社, 1955。)

Кринов Е. Л., 隕石 (Метеориты), 蘇聯科學院出版社, 1948。

Кринов Е. Л., 通古斯隕石 (Тунгусский метеорит), 蘇聯科學院出版社, 1949。

Кринов Е. Л., 天空的石頭 (Небесные камни), 蘇聯科學院出版社,

1948；蘇聯陸軍部軍事出版社，1950。

Кринов Е. Л.，西霍德-阿林隕石雨（Сихотэ-Алиньский метеоритный дождь），蘇聯科學院出版社，1948。

Кринов Е. Л.，小行星（Планеты-карлики），蘇聯科學院出版社，1952。

Масевич А. Г.，太陽和恒星的能源（Источник энергии Солнца и звёзд），蘇聯科學院出版社，1949。

Орлов С. В.，彗星的本質（Природа комет），國立技術理論文獻出版社。1944。

Орлов С. В.，彗星頭部和彗星形狀的新分類法（Голова кометы и новая классификация кометных форм），"蘇聯科學"，1945。

Путилин И. И.，小行星（Малые планеты），國立技術理論文獻出版社，1953。

Спенсер Джонс Г.，其他世界上的生命（Жизнь на других мирах），國立技術理論文獻出版社，1946。

Уиппл Ф.，地球，月亮和行星（Земля，Луна и планеты），國立技術理論文獻出版社，1948。（譯自英文：Whipple F.，Earth，Moon and Planets。）

Фесенков В. Г.，行星際空間的流星物質（Метеорная материя в междупланетном пространстве），蘇聯科學院出版社，1947。

Тихов Г. А.，關於火星上植物問題的新研究（Новые исследования по вопросу о растительности на планете Марс），全蘇政治與科學知識普及協會，1948。

Хабаков А. В.，月亮表面發展史的主要問題（Об основных вопросах истории развития поверхности Луны），地理出版社，1949。

Шаронов В. В.，火星（Марс），蘇聯科學院出版社，1947。

Шаронов В. В.，太陽及其觀測法（Солнце и его наблюдение），第二版，國立技術理論文獻出版社，1953。

Шкловский И. С.，日冕（Солнечная корона），國立技術理論文獻出版社，1951。

Эйгенсон М. С.，Гневышев М. Н.，Оль А. И.，Рубашев Б. М.，太陽活動及其在地球上的表現（Солнечная активность и её земные

проявления)，國立技術理論文獻出版社，1948。

恆星和恆星系

Агекян Т. А.，恆星宇宙(Звёздная вселенная)，國立列寧格勒大學出版社，1952。

Бок Б. 和 Бок П.，銀河(Млечный Путь)，國立技術理論文獻出版社，1948。(譯自英文：Bok B. J. and Bok P. F.，The Milky Way，1945。)

Воронцов-Вельяминов Б. А.，氣體星雲和新星（Газовые туманности и новые звёзды)，蘇聯科學院出版社，1948。

Гольдберг Л. 和 Аллер Л.，原子，恆星和星雲(Атомы，звёзды и туманности)，國立技術理論文獻出版社，1948。(譯自英文：Goldberg L. and Aller L. H.，Atoms，Stars and Nebulae，1946。)

Кукаркин Б. В. 和 Паренаго П. П.，變星（Переменные звёзды)，卷一，物理變星（Физические переменные звёзды)，ОНТИ，1938。

Мартынов Д. Я. 變星（Переменные звёзды)，卷二，食變星（Затменные переменные звёзды)，ГОНТИ，1939。

Зверев М. С.，Кукаркин Б. В.，Мартынов Д. Я.，Паренаго П. П.，Флоря Н. Ф.，Цесевич В. П.，變星(Переменные звёзды)，卷三，研究變星的方法（Методы изучения переменных звёзд)，國立技術理論文獻出版社，1947。

Паренаго П. П. 和 Кукаркин Б. В.，變星及其觀測法(Переменные звёзды и способы их наблюдения)，第二版，國立技術理論文獻出版社，1948。

Паренаго П. П.，恆星世界(Мир звёзд)，蘇聯科學院出版社，1951。

Паренаго П. П.，宇宙的構造(Строение вселенной)，國立文學教育出版社，1949。

Мензел Д.，Бэкер Д.，Аллер Л.，Шортли Д.，Хэбб М.，Гольдберг Л.，氣體星雲中的物理過程（Физические процессы в газовых туманностях)，外國文獻出版社，1948。(譯自英文：Menzel D.，Baker J.，Aller L.，Shortley G.，Hebb M.，Goldberg L.，Physical Processes in Gaseous Nebula。)

Кукаркин Б. В.，根據變星的研究對於恆星系結構和演化的研究

(Исследование строения и развития звёздных систем на основе изучения переменных звёзд),國立技術理論文獻出版社，1949。

Шепли X.，河外星系(Галактики),國立技術理論文獻出版社，1948。(譯自英文：Shapley H., Galaxies, 1943。)

Эйгенсон М. С.，大宇宙(Большая вселенная)，蘇聯科學院出版社，1936。

天體演化學

Барабашев Н. П.，與天體演化學和宇宙論的假說中的唯心論鬥爭(Борьба с идеализмом в области космогонических и космологических гипотез)，國立哈爾科夫大學出版社，1952。

Воронцов-Вельяминов Б. А.，天體的演化(Происхождение небесных тел)，蘇聯陸軍部軍事出版社，1951。

Ивановский М. П.，宇宙的誕生(Рождение миров)，"青年近衛軍"出版社，1951。

*Левин Б. Ю.，地球和行星的起源(Происхождение Земли и планет)，國立技術理論文獻出版社，1954。(李競譯，將由全國科普出版。)

*第一次天體演化學問題討論會(1951，IV，16—19)論文集(Труды первого совещания по вопросам космогонии 16—19 Апреля 1951)，蘇聯科學院出版社，1951。(龔育之、陳彪等譯，科學出版社出版，1955。)

第二次天體演化學問題討論會(1952，V，19—22)論文集(Труды второго совещания по вопросам космогонии 19—22 Мая 1952)，蘇聯科學院出版社，1953。

"天體演化學問題"彙編(Сборник "Вопросы космогонии")，卷一，蘇聯科學院出版社，1952。

"天體演化學問題"彙編(Сборник "Вопросы космогонии")，卷二，蘇聯科學院出版社，1954。

"天體演化學問題"彙編(Сборник "Вопросы космогонии")，卷三，蘇聯科學院出版社，1954。

Фесенков В. Г.，太陽系的演化(Космогония солнечной системы)，蘇聯科學院出版社，1944。

Фесенков В. Г.，地球和行星的演化問題(Проблема эволюции

Земли и планет)，哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院出版社，1950。

*Фесенков В. Г.，根據近代資料看天體的起源和演化（Происхождение и развитие небесных тел по современным данным），蘇聯科學院出版社，1953。（中譯本名"天體的起源和演化"，科學出版社出版，1955。）

*Шмидт О. Ю.，地球起源學說四講（Четыре лекции о происхождении Земли），蘇聯科學院出版社，第二版，1950。（諸圖楨譯，中國科學院出版，1954。）

Шмидт О. Ю.，行星及其衛星的起源（Возникновение планет и их спутников），載於地球物理研究所公報第11期(138)，蘇聯科學院出版社，1950。

天文學史和傳記

Баев К. Л.，哥白尼（Коперник），報刊聯合出版社，1935。

Баев К. Л.，新天文學的奠基者（Создатели новой астрономии），蘇聯教育部教科書出版社，1948。

Берри А.，天文學簡史（Краткая история астрономии），第二版，國立技術理論文獻出版社，1946。（譯自英文：Berry A.，A Short History of Astronomy。）

Блажко С. Н.，哥白尼（Коперник），ГИЗ，1926。

Bruno G.，對話集（Диалоги），國立政治文獻出版社，1949。

Вавилов С. И.，牛頓（1643—1943）（Исаак Ньютон），蘇聯科學院出版社，1943。

Воронцов-Вельяминов Б. А.，拉普拉斯（Лаплас），報刊雜誌聯合出版社，1937。

Galileo Galilei，關於托勒玫和哥白尼兩種最主要宇宙體系的對話集（Диалог о двух главнейших системах мира-птоломеевой и коперниковой），國立技術理論文獻出版社，1948。

Идельсон Н. И.，哥白尼（1543—1943）（Николай Коперник），哥白尼逝世400週年紀念，蘇聯科學院出版社，1943。

Кары-Ниязов Т. Н.，烏魯別克天文學派（Астрономическая школа Улугбека），蘇聯科學院出版社，1950。

Ковальский М. А.，天文學著作選（Избранные работы по астрономии），國立技術理論文獻出版社，1951。

Куликовский П. Г., 史天堡 (П. К. Штернберг), 國立莫斯科大學出版社, 1950。

Куликовский П. Г., 天文學家和天體物理學家洛蒙諾索夫 (М. В. Ломоносов—астроном и астрофизик), 國立技術理論文獻出版社, 1950。

*Куницкий Р. В., 太陽系結構學說發展簡史 (Развитие взглядов на строение солнечной системы), 第五版, 國立技術理論文獻出版社, 1952。(何明譯, 將由科學出版社出版。)

Леонов Н. И., 十五世紀偉大的天文學家烏魯別克 (Улугбек—великий астроном XV века), 第二版, 國立技術理論文獻出版社, 1950。

Масон М. Е., 烏魯別克天文台 (Обсерватория Улугбека), 塔什干, 1941。

Морозов А. А., 洛蒙諾索夫 (Михаил Васильевич Ломоносов), "青年近衛軍" 出版社, 1950。

Орлов С. В., 布烈基興 (Федор Александрович Бредихин), 國立莫斯科大學出版社, 1948。

Перель Ю. Г., 傑出的俄羅斯天文學家 (Выдающиеся русские астрономы), 國立技術理論文獻出版社, 1951。

Райков Б. Е., 俄羅斯日心宇宙觀歷史概述 (Очерки по истории гелиоцентрического мировоззрения в России), 第二版, 蘇聯科學院出版社, 1947。

Ревзин Г., 哥白尼 (1473—1543) (Николай Коперник), "青年近衛軍" 出版社, 1949。

Садыков Х. У., 比魯尼和他在天文學和數理地理學方面的工作 (Бируни и его работы по астрономии и математической географии), 國立技術理論文獻出版社, 1953。

Цейтлин З., 伽利略 (Галилей), 報刊雜誌聯合出版社, 1935。

Galileo G. (1564—1642), 紀念伽利略逝世三百週年論文集, 蘇聯科學院出版社, 1943。

Kopernik M. (1473—1543), 紀念哥白尼逝世四百週年論文集, 蘇聯科學院出版社, 1947。

Newton I. (1643—1727), 紀念牛頓誕生三百週年論文集, 蘇聯科學

院出版社，1943。

"蘇聯天文學三十年 (1917—1947)" [(Астрономия в СССР за 30 лет (1917—1947)]，蘇聯天文學名家論文集，國立技術理論文獻出版社，1948。

Ченакал В. Л.，俄羅斯天文史概述(十七世紀和十八世紀初葉俄羅斯的觀測天文學)[Очерки по истории русской астрономии(Наблюдательная астрономия в России XVII и начала XVIII в. в.)]，蘇聯科學院出版社，1951。

蘇聯科學院普耳柯沃天文總台 (Главная Астрономическая Обсерватория Академии Наук СССР в Пулкове)，А. А. Михайлов 編，蘇聯科學院出版社，1953。

蘇聯科學院科學史研究公報，卷二，1948，В. Г. Фесенков 院士和教育科學院 Б. А. Воронцов-Вельяминов 通訊院士所著的關於俄羅斯和蘇聯天文史的論文。

"普耳柯沃天文台百週年" (Сто лет Пулковской обсерватории) 論文集，蘇聯科學院出版社，1945。

天文儀器。實用方面各種專題

Димитров Г. 和 Бэкер Д.，望遠鏡(Телескопы)，國立技術理論文獻出版社，1947。(譯自英文：Dimitroff G. and Baker J., Telescopes and Accessories, 1945。)

Максутов Д. Д.，天文光學(Астрономическая оптика)，國立技術理論文獻出版社，1946。

Максутов Д. Д.，天文光學儀器的製造和研究 (Изготовление и исследование астрономической оптики)，國立技術理論文獻出版社，1948。

Навашин М. С.，自製反光望遠鏡的製造指南 (Инструкция к изготовлению самодельного рефлектора)，蘇聯科學院出版社，1949。

Навашин М. С.，天文愛好者的望遠鏡 (Телескоп астронома-любителя)，國立技術理論文獻出版社，1950。

Навашин М. С.，自製反光望遠鏡 (Самодельный телескоп-рефлектор)，國立技術理論文獻出版社，1953。

Огородников К. Ф.，過去和今日怎樣觀測天空 (Как наблюдали небо раньше и как наблюдают его теперь)，蘇聯科學院出版社，

1938。

*Паренаго П. П., 天文台 (Астрономические обсерватории), 國立技術理論文獻出版社, 1953。(李競譯,全國科普,1955。)

Смирнов А. М., 天文學參考資料 (Пособия по астрономии), 蘇聯教育部教科書出版社, 1936。

Чикин А. А., 小型天文望遠鏡 (Астрономическая труба из очковых стёкол), ГТТИ, 1932。

Шишаков Б. А., 簡易自製望遠鏡及其使用 (Простейший самодельный телескоп и наблюдения с ним), 莫斯科天文館出版社, 1940。

觀測指南,星圖,天文曆

Гальперсон С., 月面圖 (Атлас Луны), 第二版, 科學書籍出版社, 1922。

Ленгауэр Г. Г., 袖珍星圖 (Карманный атлас звёздного неба), 蘇聯教育部教科書出版社, 1949。

Мессер Я., 觀天用星圖 (Звёздный атлас для небесных наблюдений), 第三版, СПб, 1901。

Михайлов А. А., 星圖 (Звёздный атлас), 共四張, 南緯 40° 度以北星空, 包括全部 5½ 等以上恆星; 第二版, 莫斯科天文愛好者協會, 1920。

Михайлов А. А., 北天星圖 (Атлас Северного звёздного неба), ГИЗ, 1920。

Михайлов А. А., 星圖 (Звёздный атлас), 共二十張, 全天星空, 包括 8.25 等以上恆星, 國立技術理論文獻出版社, 1952。

Цесевич В. П., 星空觀測指南 (Что и как наблюдать на небе), 第二版, 國立技術理論文獻出版社, 1955。

Цесевич В. П., 變星及其在研究宇宙上的意義 (Переменные звёзды и их значение для изучения вселенной), 基輔烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院出版社, 1949。

天文曆 (年曆) [Астрономический Календарь (ежегодник)], 非固定部分, 莫斯科國立技術理論文獻出版社。

中學天文曆 (Школьный Астрономический Календарь), 蘇聯教育部教科書出版社。

簡明天文曆（Краткий Астрономический Календарь），基輔烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院出版社。

俄羅斯天文曆（Русский Астрономический Календарь），固定部分，第四版，下諾夫戈羅德出版社，1930。

Набоков М. Е.，用雙目望遠鏡的天文觀測（Астрономические наблюдения с биноклем），第三版，國立技術理論文獻出版社，1948。

Набоков М. Е.，中學天文教學法(Методика преподавания астрономии в средней школе)，蘇聯教育部教科書出版社，1948。

行星和彗星觀測指南（Инструкция для наблюдений планет и комет），В. А. Бронштэн 和 С. В. Орлов 主編，蘇聯科學院全蘇天文測地協會出版社，1948。

日食和月食觀測指南（Инструкция для наблюдений солнечных и лунных затмений），Н. Я. Бугославская，В. А. Бронштэн 和 Б. Ю. Левин 主編，蘇聯科學院全蘇天文測地協會出版社，1952。

小行星觀測指南（Инструкция для наблюдений малых планет），И. И. Путилин 主編，蘇聯科學院全蘇天文測地協會出版社，1950。

流星觀測指南（Инструкция для наблюдений метеоров），М. М. Дагаев 和 В. В. Федынский 主編，蘇聯科學院全蘇天文測地協會出版社（備有新版）。

太陽黑子目視觀測指南（Инструкция для визуальных наблюдений солнечных пятен），Ю. М. Слоний 主編，太陽研究委員會公報，第3—4期(17—18)，蘇聯科學院出版社，1949。

* 太陽觀測指南（Инструкция для наблюдений Солнца），Н. Я. Бугославская 和 В. В. Базилевич 主編，蘇聯科學院全蘇天文測地協會出版社，1948。（中譯文，天文學報，第一卷第一期，中國科學院，1953。）

變星觀測指南（Инструкция для наблюдений переменных звёзд），Ф. Ю. Зигель 主編，蘇聯科學院出版社，1948。

譯者按：除以上作者所列書籍外尚有下列一些中文書可供參考：

I. 一般讀物

天文學及中學天文學教學法教學大綱　П. И. 波波夫著，趙綠綠譯，東北

教育出版社，1952。

宇宙 蘇聯大百科全書選譯，人民出版社，1953。

時間 蘇聯大百科全書選譯，人民出版社，1955。

天文學·天體照相學 蘇聯大百科全書選譯，人民出版社，1955。

宇宙的構造 Б. А. 沃龍佐夫-維里亞明諾夫著，金乃學譯，中國青年出版社，1953。

太陽和太陽系 戴文賽著，商務印書館，1951。

太陽 Г. А. 亞里斯托夫著，滕砥平譯，中國青年出版社，1953。

地球和行星 К. Л. 巴葉夫等著，滕砥平譯，中國青年出版社，1953。

星空的巡禮 王幼于譯，中國青年出版社，1953。

恆星 席澤宗著，商務印書館，1956年增訂版。

星體的起源和演化 陳彪著，商務印書館，1953。

趣味天文學 Я. И. 別萊利曼著，滕砥平譯，中國青年出版社，1953。

世界有無起源和末日 И. Ф. 雪甯略柯夫著，重光譯，作家書屋，1951。

爲天文學中的唯物主義世界觀而鬥爭 Г. А. 亞里斯托夫著，鄭文光譯，中國青年出版社，1953。

天體上有生命嗎 Н. Н. 塞金斯卡婭著，方敏譯，作家書屋，1951。

宇宙壯觀 陳遵媯編譯，商務印書館，1935。

日食和月食 А. А. 米哈依洛夫著，畢黎譯，中華書局，1951。

恆星世界 賀天健著，全國科普，1955。

天上有多少星 К. Ф. 奧高洛特尼可夫，郭恕可譯，全國科普，1955。

人類怎樣認識了宇宙 С. К. 符謝赫斯維亞茨基，郭正誼譯，全國科普，1955。

太陽的構造和演化 А. Г. 瑪謝微琪，鮑永泉等譯，1955。

II. 天文期刊及圖表等

天文學報 中國天文學會編，科學出版社，1953年創刊。

天文年曆 紫金山天文台編，科學出版社。

天文學名詞 商務印書館，1953。

星體圖說 陳遵媯著，商務印書館，1934。

恆星圖表 陳遵媯著，商務印書館，1937。

天文學圖集（一、二、三輯） 李棍、卞德培編，新亞書店，1954。

III. 天文學史

天文考古錄　朱文鑫著，商務印書館，1933。

天文學小史　朱文鑫著，商務印書館，1935。

哥白尼在近代科學上的貢獻　竺可楨著，全國科普，1953。

我國歷史上的科學發明　錢偉長著，中國青年出版社，1953。

中國古代天文學史簡編　陳遵嬀著，上海人民出版社，1955。

中國古代天文學的成就　陳遵嬀著，全國科普，1955。

蘇聯天文學的成就　Б. А. 沃龍佐夫-維里亞明諾夫著，易堃譯，全國科普，1955。

表I甲 天文符號

☉ 太陽，及星期日
☾ 月亮，及星期一
♂ 火星，及星期二
☿ 水星，及星期三
♃ 木星，及星期四
♀ 金星，及星期五
♄ 土星，及星期六
♁ 或 ⊕ 地球
⛢ 或 ♅ 天王星
♆ 或 ⛢ 海王星
♇ 或 ⯓ 冥王星
* 恆星
☄ 彗星
(86) 86號小行星
Var 變星
☊ 或 ☊ 軌道升交點
☋ 或 ☋ 軌道降交點
☌ 合（地心經度相差0°）
☍ 衝（經度相差180°）
□ 方照（經度相差90°）
● 朔
☽ 上弦
○ 望
☾ 下弦
α 或 AR 赤經
δ 赤緯
λ 黃經，及地理經度
β 黃緯
φ 地理緯度
z 天頂距

黃道十二宮符號

♈ 白羊宮，及春分點
♉ 金牛宮
♊ 雙子宮
♋ 巨蟹宮，及夏至點
♌ 獅子宮
♍ 室女宮
♎ 天秤宮，及秋分點
♏ 天蝎宮
♐ 人馬宮
♑ 摩羯宮，及冬至點
♒ 寶瓶宮
♓ 雙魚宮

N 北
S 南
E 東
W 西
a 年
d 日
$h\ m\ s$ 時，分，秒（時間）
$^\circ\ '\ ''$ 度，分，秒（弧度）
A 方位角，平經
μ 自行
l 銀經
b 銀緯
π 周年視差
V_r 視線速度
g 重力加速度

表 I 乙　希臘字母和拉丁字母

希臘字母

Α, α альфа	Ν, ν ню
Β, β бэта	Ξ, ξ кси
Γ, γ гамма	Ο, ο омикрон
Δ, δ дельта	Π, π пи
Ε, ε эпсилон	Ρ, ρ ро
Ζ, ζ дзета	Σ, σ, ς сигма
Η, η эта	Τ, τ тау
Θ, ϑ, θ тэта	Υ, υ ипсилон
Ι, ι иота	Φ, φ фи
Κ, κ каппа	Χ, χ хи
Λ, λ ламбда	Ψ, ψ пси
Μ, μ мю	Ω, ω омега

拉丁字母

A, a а	J, j йот	S, s эс
B, b бэ	K, k ка	T, t тэ
C, c цэ	L, l эль	U, u у
D, d дэ	M, m эм	V, v вэ
E, e э	N, n эн	W, w дубль-вэ
F, f эф	O, o о	X, x икс
G, g гэ	P, p пэ	Y, y игрек
H, h ха	Q, q ку	Z, z зэт
I, i и	R, r эр	

表 II 甲　長度單位

1 米，公尺 (м)＝1,553,164.13 個紅鎘譜線的波長(乾燥空氣中，氣溫 15°C，氣壓 760 毫米)

1 公分，厘米 (см)＝10^{-2} 米

1 公厘，毫米 (мм)＝10^{-3} 米

1 微米 (μ)＝10^{-4} 厘米

1 毫微米 (mμ)＝10^{-7} 厘米

1 埃 (Å)＝10^{-8} 厘米

1 公里，仟米 (км)＝10^{5} 厘米

1 俄里＝500 俄丈＝1.06680 公里

1 俄丈＝3 俄尺＝2.13356 米 (＝7 呎)

1 俄尺＝16 俄寸＝0.7112 米

1 俄寸＝4.44500 厘米

1 浬＝1.8522 公里(相當於地球子午圈上的 1′)

1 哩＝1.6093426 公里

1 呎＝12 吋＝30.4800 厘米

1 吋＝2.540 厘米

1 天文單位 (а. е.)＝149,504,000 公里

1 光年＝$9.463\cdot10^{17}$ 厘米＝0.3069 秒差距＝63,204 天文單位

1 秒差距 (пс)＝$30.84\cdot10^{17}$ 厘米＝206,265 а. е.＝3.529 光年

1 仟秒差距 (кпс)＝1,000 秒差距

1 百萬秒差距 (мпс)＝1,000,000 秒差距

表 II 乙　一些數學數值

$\pi = 3.14159265361$;　　$\log \pi = 0.49714987$

$e = 2.7182818285$;　　$\log e = 0.434294482$

$M = \log e = 0.4342944819$;　　$\log M = 1.6377843$

$\frac{1}{M} = \ln 10 = 2.3025850930$;　　$\log \frac{1}{M} = 0.3622157$

1 弧度 $= \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ.2957795131 = 57^\circ 17' 44''.806 = 3437'.74677078 = 206264''.80625$

$1^\circ = 0.0174533$ 弧度；$1' = 0.000290888$ 弧度；$1'' = 0.00000484814$ 弧度

球面積 $= 41,253$ 平方度

$360^\circ = 21,600' = 1,296,000''$

$2\pi = 6.28319$	$\frac{1}{\pi^2} = 0.10132$	$\sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0.79788$
$\frac{\pi}{4} = 0.78540$	$\sqrt{\pi} = 1.77245$	$\sqrt[3]{\pi} = 1.46459$
$\frac{4\pi}{3} = 4.18879$	$1/\sqrt{\pi} = 0.56419$	$\frac{1}{e} = 0.36788$
	$\sqrt{2\pi} = 2.50663$	
$\pi^2 = 9.86960$	$1/\sqrt{2\pi} = 0.39894$	$e^2 = 7.38906$
$\frac{1}{\pi} = 0.31831$	$\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1.25331$	$\frac{1}{e^2} = 0.13534$
$\sqrt{2} = 1.41421$	$\sqrt{3} = 1.73205$	$\sqrt{10} = 3.16228$

表 III　一些物理常數

牛頓引力定律 $F = G\frac{\mathfrak{M}_1\mathfrak{M}_2}{R^2}$ 中的萬有引力常數：

$$G = (6.670 \pm 0.005)\cdot 10^{-8}\ \text{克}^{-1}\cdot\text{厘米}^3\cdot\text{秒}^{-2}\,*$$

緯度 45°（絕對的）上的重力加速度 $g_{45^\circ} = 980.616$ 厘米·秒$^{-2}$

標準重力加速度（氣壓計量度中所採用的單位）$g_0 = 980.665$ 厘米·秒$^{-2}$

阿伏伽德羅數（克分子數）$N_0 = (6.02283 \pm 0.0011)\cdot 10^{23}$ 克分子量$^{-1}$

洛什密特數（在 0°C 和氣壓為 760 毫米時 1 立方厘米的分子數）

$$N_L = (2.687012 \pm 0.00050)\cdot 10^{19}\ \text{厘米}^{-3}$$

機械熱當量：(4.1855 ± 0.0004) 焦耳·卡$^{-1}$

真空中的光速 $c = (299,790 \pm 4)$ 公里·秒$^{-1}$

波茨曼常數 $k = (1.38047 \pm 0.00026)\cdot 10^{-16}$ 爾格·度$^{-1}$

普朗克常數 $h = (6.6242 \pm 0.0021)\cdot 10^{-27}$ 爾格·秒

電子電荷 $e = (4.8025 \pm 0.0010)\cdot 10^{-10}$ 絕對靜電單位

電子質量 $m = (9.1066 \pm 0.032)\cdot 10^{-28}$ 克

質子質量 $M_p = (1.67248 \pm 0.00031)\cdot 10^{-24}$ 克

斯德方-波茨曼定律常數，按半球計算，1 厘米^{2}和 1 秒

$$\sigma = (5.67283 \pm 0.0037)\cdot 10^{-5}\ \text{爾格}\cdot\text{厘米}^{-2}\cdot\text{度}^{-4}\cdot\text{秒}^{-1}$$

維恩位移定律常數 $A = (0.28972 \pm 0.00007)$ 厘米·度

1 大氣壓力（標準大氣）$A_0 = (1.013246 \pm 0.000004)\cdot 10^6$ 達因·厘米$^{-2}$·大氣壓$^{-1}$

1 卡（小卡）$= 4.185$ 焦耳

絕對 0°K $= -273.16^\circ$C

---

* 可以採用下列精確度到 20% 的數字

$$G = \frac{2000}{3}\cdot 10^{-10}\ \text{克}^{-1}\text{厘米}^3\text{秒}^{-2}$$（根據 П. П. 巴連那果）。

表IV 化學元素

元素	符號	原子序數	原子量	元素	符號	原子序數	原子量
氫	H	1	1.0080	銀	Ag	47	107.880
氦[1]	He	2	4.003	鎘	Cd	48	112.41
鋰	Li	3	6.940	銦	In	49	114.76
鈹[2]	Be	4	9.02	錫	Sn	50	118.70
硼	B	5	10.82	銻	Sb	51	121.76
碳	C	6	12.010	碲	Te	52	127.61
氮	N	7	14.008	碘	J	53	126.92
氧	O	8	16.0000	氙	Xe	54	131.3
氟	F	9	19.00	銫	Cs	55	132.91
氖	Ne	10	20.183	鋇	Ba	56	137.36
鈉	Na	11	22.997	鑭	La	57	138.92
鎂	Mg	12	24.32	鈰	Ce	58	140.13
鋁	Al	13	26.97	鐠	Pr	59	140.92
矽	Si	14	28.06	釹	Nd	60	144.27
磷	P	15	30.98	鉕[4]	Pm	61	147
硫	S	16	32.066	釤	Sm	62	150.43
氯	Cl	17	35.457	銪	Eu	63	152.0
氬	Ar	18	39.944	釓	Gd	64	156.9
鉀	K	19	39.096	鋱	Tb	65	159.2
鈣	Ca	20	40.08	鏑	Dy	66	162.46
鈧	Sc	21	45.10	鈥	Ho	67	164.94
鈦	Ti	22	47.90	鉺	Er	68	167.2
釩	V	23	50.95	銩	Tu	69	169.4
鉻	Cr	24	52.01	鐿	Yb	70	173.04
錳	Mn	25	54.93	鎦[5]	Lu	71	174.99
鐵	Fe	26	55.85	鉿	Hf	72	178.6
鈷	Co	27	58.94	鉭	Ta	73	180.88
鎳	Ni	28	58.69	鎢	W	74	183.92
銅	Cu	29	63.54	錸	Re	75	186.31
鋅	Zn	30	65.38	鋨	Os	76	190.2
鎵	Ga	31	69.72	銥	Ir	77	193.1
鍺	Ge	32	72.60	鉑	Pt	78	195.23
砷	As	33	74.91	金	Au	79	197.2
硒	Se	34	78.96	汞	Hg	80	200.61
溴	Br	35	79.916	鉈	Tl	81	204.39
氪	Kr	36	83.7	鉛	Pb	82	207.21
銣	Rb	37	85.48	鉍	Bi	83	209.00
鍶	Sr	38	87.63	釙	Po	84	210
釔	Y	39	88.92	砹[4]	At	85	211
鋯	Zr	40	91.22	氡	Rn	86	222
鈮[3]	Nb	41	92.91	鈁[4]	Fr	87	223
鉬	Mo	42	95.95	鐳	Ra	88	226.05
鎝[4]	Tc	43	99	錒	Ac	89	226.07
釕	Ru	44	101.7	釷	Th	90	232.12
銠	Rh	45	102.91	鏷	Pa	91	231
鈀	Pd	46	106.71	鈾[6]	U	92	238.07

1) 1868年首先在太陽上發現。

2) 另一名稱為鋊(Gl)。

3) 另一名稱為鈳(Cb)。

4) 在自然界中沒有，可用人工方法獲得。

5) 另一名稱為鉟(Cp)

6) 人工方法獲得的超鈾元素：93 錼(Np)，94 鈈(Pu)，95 鎇(Am)，96 鋦(Cm)，97 鉳(Bk)，98 鐦(Cf)，99 鑀(An)，100 鐨(Ct)。

表 V 一些天文常數

光行差常數：20″.47 }（1896 年國際會議通過）
章動常數：9″.21 }
歲差常數——恆星黃經的每年歲差增值——

$\psi=50''.2564+0''.000222\cdot t$，式中 t 是從 1900 年起計的儒略年數

赤經歲差常數 $m=46''.0850+0''.000279\cdot t$，式中 t 以回歸年數表示

或 $m=3^{秒}.07234+0^{秒}.0000186\cdot t$，式中 t 以回歸年數表示

赤緯歲差常數 $n=20''.0468-0''.000085\cdot t$，式中 t 以回歸年數表示

黃赤道平均交角 $\varepsilon=23°27'8''.26-0''.4684\cdot t$，式中 t 以回歸年數表示

1 儒略年＝365.25 平太陽日
1 平民用年（格里曆）＝365.2425 平太陽日＝365日5時49分12秒
1 回歸年＝365.24219879－0.0000000614 t*
1950 年回歸年為 365.242193 平太陽日
1950 年恆星年為 365.256360 平太陽日
1950 年近點年為 365.259643 平太陽日
1 交點年＝346.620063 平太陽日
1 太陰年＝12 朔望月＝354.36 平太陽日
1 朔望月＝29.530588 平太陽日**
1 恆星月＝27.321661 平太陽日
1 近點月＝27.554550 平太陽日
1 回歸月＝27.321582 平太陽日
1 交點月＝27.212220 平太陽日
1 平太陽日＝1.002737909 恆星日＝24時3分56秒.5554 恆星時
1 恆星日＝0.997269566 平太陽日＝23時56分4秒.0905 平太陽日
太陽視差：8″.80***（1896 年巴黎國際會議通過）
天文單位：149,504,000 公里***
月亮赤道地平視差：3422″.70＝57′2″.70
月地平均距離：384,400 公里
高斯常數 $k=0.01720209895=0°.9856076686=59'.136460=3548''.18761$；

$\log k=8.2355814414-10$

某星或小行星的周期：1.00004027 $a^{3/2}$ 回歸年＝365.256898 $a^{3/2}$ 平太陽時
光線經過一天文單位距的時間：498秒.38＝8分.306＝0時.1384＝0日.005768
（根據光行差常數計算）
光年＝9.463×10¹² 公里＝63,290 天文單位＝0.3069 秒差距
1 秒差距＝30.84×10¹² 公里＝206,265 天文單位＝3.259 光年
1 日＝24時＝1440分＝86,400秒
1 儒略年＝8766時＝52,960分＝31,557,600秒
1 回歸年＝8765時.813＝525,948分.77＝31,556,926秒.34－0秒.0058·t

---

* 每百年縮短 0.53 秒。
** 在 29日.25 與 29日.83 之間變化。
*** 參閱 337 頁註解。

表 VI 地球數據

國際橢球體（1924 年）

赤道半徑 $a=6378.388$ 公里
極 半 徑 $b=6356.912$ 公里
地球橢球體的扁率 $c=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{297.0}$
地球子午線的偏心率 $e=\sqrt{2c-c^2}=0.081992$

蘇聯橢球體（1940 年）

赤道半徑 $a=6378.245\pm0.015$ 公里
極 半 徑 $b=6356.863$ 公里
平均半徑 6371.22 公里*
地球橢球體的扁率 $c=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{298.3\pm0.4}$
赤道周長：40,075.696 公里
地球表面積：510,000,000 公里^2
陸地面積：149,000,000 公里^2＝整個地球面積的 29%**
水面面積：361,000,000 公里^2＝整個地球面積的 71%
地球體積：1.083320×10^{12} 公里^3
地球質量：5.974×10^{27} 克
地球平均密度：5.517 ± 0.004 克·厘米$^{-3}$
表面平均密度：2.65 克·厘米$^{-3}$
表面臨界速度（脫離速度）：11.2 公里·秒$^{-1}$
地理緯度 1° 的弧長：$111.1365-0.562\cos 2\varphi$ 公里（參閱表 VIII）
地理經度 1° 的弧長：$111.417\cos\varphi-0.094\cos 3\varphi$ 公里（參閱表 VIII）
地理緯度 φ 與地心緯度 φ' 之差

$$\varphi-\varphi'=11'32''.62\sin 2\varphi-1''.11\sin 4\varphi \text{（參閱表VIII）}$$

赤道任一點的直線速度爲 465 公尺·秒$^{-1}$，地面緯度 φ 處任一點的直線速度爲 $465\cos\varphi$ 公尺·秒$^{-1}$（緯度 30° 處爲 403 公尺·秒$^{-1}$，緯度 60° 處爲 233 公尺·秒$^{-1}$，極點處爲 0 公尺·秒$^{-1}$）
地球在軌道上的平均速度：29.76 公里·秒$^{-1}\approx$100,000 公里·時$^{-1}$
標準重力加速度 $g_0=980.665$ 厘米·秒$^{-2}$
緯度 45°（絕對的）處的重力加速度 $g_{45°}=980.616$ 厘米·秒$^{-2}$
地球的夜間輻射（在晴夜）：0.1—0.2 卡·厘米$^{-2}$·分$^{-1}$

表 VII 不同高度的空氣密度和壓力的變化

h（高度）公里	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
p（壓力）水銀柱的毫米數	760	210	42	9.5	2.4	0.8	0.2	0.11	0.03	0.0019	0.00042
ρ（密度）克/公尺^3	1220	425	92	19	4.3	1.3	0.38	0.12	0.025	0.004	0.0008

* 地球橢圓旋轉體的大小相等的球體半徑。
** 約有 0.1 陸地終年覆以冰雪。

表 VIII　地理緯度和地心緯度之差 $\varphi-\varphi'$，子午線的弧長和緯線的弧長

φ	$\varphi-\varphi'$	子午線的弧長（以公尺表示）			緯線的弧長（以公尺表示）		
		1° 的弧長	1′ 的弧長	1″ 的弧長	1° 即經度4分的弧長	1′ 即經度4秒的弧長	1″ 即經度0秒.07的弧長
0°	0′0″.0	110 576	1 842.87	30.71	111 321	1 855.35	30.92
5	1 59.8	110 581	1 843.02	30.72	110 900	1 848.33	30.81
10	3 56.1	110 606	1 843.43	30.73	109 640	1 827.33	30.46
15	5 45.3	110 647	1 844.12	30.74	107 552	1 792.53	29.88
20	7 24.1	110 703	1 845.05	30.75	104 648	1 744.13	29.07
25	8 49.4	110 772	1 846.20	30.77	100 951	1 682.52	28.04
30	9 58.8	110 854	1 847.58	30.79	96 490	1 608.13	26.80
35	10 50.1	110 940	1 849.00	30.82	91 289	1 521.48	25.36
40	11 21.7	111 034	1 850.57	30.84	85 395	1 423.25	23.72
45	11 32.6	111 132	1 852.20	30.87	78 848	1 314.13	21.90
50	11 22.5	111 230	1 853.83	30.90	71 697	1 194.95	19.90
55	10 51.6	111 325	1 855.42	30.92	63 995	1 066.58	17.78
60	10 0.8	111 414	1 856.90	30.95	55 801	930.02	15.50
65	8 51.7	111 494	1 858.23	30.97	47 177	786.28	13.10
70	7 26.4	111 564	1 859.40	30.99	38 187	636.45	10.61
75	5 47.3	111 621	1 860.35	31.00	28 903	481.72	8.03
80	3 57.3	111 662	1 861.03	31.01	19 394	323.25	5.39
85	2 0.6	111 688	1 861.47	31.02	9 735	162.25	2.70
90	0 0.0	111 696	1 861.62	31.03	0	0	0

表 IX 甲　不同緯度的最長和最短的白晝時間

緯　度	晝長最大值	晝長最小值	緯　度	晝長最大值	晝長最小值
0°	12時 5分	12時 4分.5	50°	16時 18分	8時 0分
10	12 40	11 30	55	17 17	7 5
20	13 18	10 53	60	18 45	5 45
30	14 2	10 10	65	21 43	3 22
40	14 58	9 16	65 59′	24 0	2 30
45	15 33	8 42	67 7		0 0

表 IX 乙　不同緯度的極晝和極夜的持續時間

北　緯	極　晝	極　夜	南　緯	極　晝	極　夜
70°	70日	55日	70°	65日	59日
75	107	93	75	101	99
80	137	123	80	130	130
85	163	150	85	156	158
90	189	176	90	182	183

表 X　月 亮 數 據

月亮平均周日視差：57′2″.70（視差平均變化從 52 到 62′）

月地平均距離：384,400 公里 = 0.00257 天文單位 = 60.26659 地球半徑（距離變化從 363,000 到 405,000 公里）

月亮最大視角直徑：33′40″

月亮最小視角直徑：29′24″

在月地平均距離處的月亮視角直徑 31′5″.16

月亮直徑：3473.4 公里＝0.27227 地球直徑

月亮體積：$22\cdot10^9$ 公里^3＝0.020254 地球體積

月亮質量＝1/81.45 地球質量＝0.012277 地球質量＝1/27,158,000 太陽質量
＝$7.35\cdot10^{25}$ 克

月亮密度：3.34 克·厘米$^{-3}$＝0.606 地球密度

月亮表面的重力加速度：1.61 公尺·秒$^{-2}$

臨界速度（脫離速度）：2.4 公里·秒$^{-1}$

月亮軌道偏心率：0.05490

月亮軌道傾角：5°8′43″.4

月亮赤道和月亮軌道的平均交角：6°40′.7（傾角變化從 6°49′ 到 6°31′）

月亮赤道和黃道的交角：1°32′.1

經天平動：7°54′

緯天平動：6°50′

月亮表面看不見的部分佔整個月面的 0.410

月亮沿軌道運動的平均速度：1.02 公里/秒

1 恆星月＝27日7時43分11秒.47＝27日.321661 平太陽日

1 朔望月＝29日12時44分2秒.78＝29日.530588 平太陽日(變化從 29日.25 到 29日.83)
月亮球面反照率 0.07
滿月的視星等：$-12^m.6$
月亮色指數：$+1^m.2$
滿月照在與月光垂直的地球表面的照度：0.24 米燭光（在同樣的條件下於不同的相角時的照度——參閱表 XI）

表 XI　月亮在各種相角時，垂直於月光的地球表面上的照度

相角	照度	
	滿月前	滿月後
0°	100（滿月）	100（滿月）
10	78.8	76.0
20	60.3	58.7
30	46.6	45.3
40	35.7	35.0
50	27.6	27.3
60	21.1	21.1
70	16.2	15.6
80	12.0	11.1
90	8.2（上弦）	7.8（下弦）
100	5.6	5.8
110	3.8	4.1
120	2.5	2.6
130	1.5	1.6
140		0.9
150		0.4

表 XII　太陽數據

太陽位於日地平均距離處的視差 $\pi_{\odot}=8''.80$*
[$8''.7984\pm0''.0004$（根據 E 拉貝 (Rabe) 的資料]
太陽視差的變化範圍是從 $8''.95$ 到 $8''.66$
日地平均距離：23,439.18 地球赤道半徑＝(149,504,000±17,000) 公里＝1 天文單位
$=107.5\,D_{\odot}$
太陽直徑 $D_{\odot}=1,390,600$ 公里 $=109.1\,D_{\oplus}$
太陽表面積是地球表面積的 11,900 倍
太陽體積 $V_{\odot}=1,301,200\,V_{\oplus}=1409\cdot10^{15}$ 公里^3

* 1942 年瓊斯(Spencer Jones)綜合研究了許多天文台於 1931 年愛神星 (Eros) 衝時所獲得的觀測資料之後，求出太陽視差

$$\pi_{\odot}=8''.790\pm0''.001$$

相當於 1 天文單位＝149,674,000±17,000 公里。1952 年發現當時研究 1931 年愛神星的觀測資料時忽略了這小行星的一些擾動，計入上述擾動後所得的太陽視差值載於表內的引號中。

太陽最大視角直徑：32′31″.4（地球於近日點）
太陽最小視角直徑：31′27″.2（地球於遠日點）
太陽在1天文單位距離處的視角直徑(平均角直徑)：1919″.26=31′59″.26*
太陽質量 $\mathfrak{M}_{\odot}=1.983\cdot10^{33}$ 克 $=333,434\ \mathfrak{M}_{\oplus}=328,452(\mathfrak{M}_{\oplus}+\mathfrak{M}_{☾})$
太陽密度 $\rho_{\odot}=1.41$ 克·厘米$^{-3}=0.256\ \rho_{\oplus}$
太陽中心的密度 ~100 克·厘米$^{-3}$
太陽表面的重力加速度 $g_{\odot}=2.736\cdot10^{4}$ 厘米·秒^{2}，是地球表面的重力加速度的27.9倍
太陽表面的臨界速度(脫離速度)：619.4 公里·秒$^{-1}$
太陽赤道上一點的直線速度：2 公里·秒$^{-1}$
太陽赤道上一點自轉的朔望周期：27.35 日
太陽赤道上一點自轉的恆星周期：25.38 日
太陽赤道和黃道的交角：7°15′
太陽赤道的升交點黃經：74°
太陽自轉軸的北端和天球相交點的坐標：$\alpha=19$時4分，$\delta=+64°$（在北極星和織女星之間）
太陽常數**的平均值：1.938 卡·厘米$^{-2}$·分$^{-1}=1.35\cdot10^{6}$ 爾格·厘米$^{-2}$·秒$^{-1}$
地球大氣邊緣處的太陽輻射功率：1.35 瓩·公尺$^{-2}$
太陽總輻射***：$3.79\cdot10^{33}$ 爾格·秒$^{-1}=1.19\cdot10^{41}$ 爾格·年$^{-1}$
太陽表面每1厘米^{2}的輻射：$6.2\cdot10^{10}$ 爾格·秒$^{-1}$
太陽總輻射功率：$51\cdot10^{22}$ 馬力
太陽光力：$302\cdot10^{25}$ 國際燭光
太陽圓面表面的平均亮度(大氣以外)：190,000 熙提(亮度單位)
太陽照度(大氣以外)：130,000 米燭光
太陽的視仿視星等：$-26^{m}.84\pm0^{m}.04$
太陽的視照相星等：$-26^{m}.31$
太陽色指數：$+0^{m}.57$
太陽光譜型：dG2(G2V)
太陽表面的有效溫度：6000°K
太陽的絕對仿視星等：$+4^{m}.88$
太陽的絕對照相星等：$+5^{m}.45$
太陽的絕對熱星等：$+4^{m}.62$
太陽對附近恆星的運動速度：19.5 公里/秒（指向武仙座的方向）=每年4.2天文單位(每秒 1.21 $D_{\odot}$)
太陽奔赴點的坐標：$\alpha=270°=18$時，$\delta=+30°$（織女星附近）
太陽距離銀河系中心：7200 秒差距
太陽繞銀河系中心的運動速度：250 公里·秒$^{-1}$
太陽繞銀河系中心的公轉周期：1.8×10^{8} 年
太陽活動周期的平均長度：11.13 年

---

* 由於光滲現象太陽於日地平均距離處的直徑觀測值為 32′2″.36。太陽表面1弧秒(1″)相當於 724.55 公里。

** 在7%範圍內呈不規則的變化。

*** 每克太陽質量約2爾格。

表 XIII　1749—1953 年的太陽黑子逐年平均值

年	數目	年	數目	年	數目	年	數目	年	數目
1749	80.9	1790	89.9	1831	47.8	1872	101.7	1913m	1.4
1750M *	83.4	1791	66.6	1832	27.5	1873	66.3	1914	9.6
1751	47.7	1792	60.0	1833m	8.5	1874	44.7	1915	47.4
1752	47.8	1793	46.9	1834	13.2	1875	17.1	1916	57.1
1753	30.7	1794	41.0	1835	56.9	1876	11.3	1917M	103.9
1754	12.2	1795	21.3	1836	121.5	1877	12.3	1918	80.6
1755m	9.6	1796	16.0	1837M	138.3	1878m	3.4	1919	63.6
1756	10.2	1797	6.4	1838	103.2	1879	6.0	1920	37.6
1757	32.4	1798m	4.1	1839	85.8	1880	32.3	1921	26.1
1758	47.6	1799	6.8	1840	63.2	1881	54.3	1922	14.2
1759	54.0	1800	14.5	1841	36.8	1882	59.7	1923m	5.8
1760	62.9	1801	34.0	1842	24.2	1883M	63.7	1924	16.7
1761M	85.9	1802	45.0	1843m	10.7	1884	63.5	1925	44.3
1762	61.2	1803	43.1	1844	15.0	1885	52.2	1926	63.9
1763	45.1	1804M	47.5	1845	40.1	1886	25.4	1927	69.0
1764	36.4	1805	42.2	1846	61.5	1887	13.1	1928M	77.8
1765	20.9	1806	28.1	1847	98.5	1888	6.8	1929	65.0
1766m	11.4	1807	10.1	1848M	124.3	1889m	6.3	1930	35.7
1767	37.8	1808	8.1	1849	95.9	1890	7.1	1931	21.2
1768	69.8	1809	2.5	1850	66.5	1891	35.6	1932	11.1
1769M	106.1	1810m	0.0	1851	64.5	1892	73.0	1933m	5.6
1770	100.8	1811	1.4	1852	54.2	1893M	84.9	1934	8.7
1771	81.6	1812	5.0	1853	39.0	1894	78.0	1935	36.0
1772	66.5	1813	12.2	1854	20.6	1895	64.0	1936	79.7
1773	34.8	1814	13.9	1855	6.7	1896	41.8	1937M	114.4
1774	30.6	1815	35.4	1856m	4.3	1897	26.2	1938	114.4
1775m	7.0	1816M	45.8	1857	22.8	1898	26.7	1939	88.8
1776	19.8	1817	41.1	1858	54.8	1899	12.1	1940	67.8
1777	92.5	1818	30.4	1859	93.8	1900	9.5	1941	47.5
1778M	154.4	1819	23.9	1860M	95.7	1901m	2.7	1942	30.6
1779	125.9	1820	15.7	1861	77.2	1902	5.0	1943	16.3
1780	84.8	1821	6.6	1862	59.1	1903	24.4	1944m	9.6
1781	68.1	1822	4.0	1863	44.0	1904	42.0	1945	33.1
1782	38.5	1823m	1.8	1864	47.0	1905M	63.5	1946	92.5
1783	22.8	1824	8.5	1865	30.5	1906	43.8	1947M	151.5
1784m	10.2	1825	16.6	1866	16.3	1907	62.0	1948	136.3
1785	24.1	1826	36.3	1867m	7.3	1908	48.5	1949	134.7
1786	82.9	1827	49.7	1868	37.3	1909	43.9	1950	83.9
1787M	132.0	1828	62.5	1869	73.9	1910	18.6	1951	69.4
1788	130.9	1829	67.0	1870M	139.1	1911	5.7	1952	32.3
1789	118.1	1830M	71.0	1871	111.2	1912	3.6	1953	13.9

* M—極大年份　m—極小年份

表 XIV 太陽系行

行星		和太陽的平均距離		公轉的恆星周期		軌道運動速度	平均會合周期	軌道運動的平均角速
中文	俄文	天文單位	百萬公里	用回歸年表示	用年及平太陽日表示	公里/秒	日	(在一平太陽日)
水星	Меркурий	0.38710	57.9	0.24085	87.970 日	47.83	115.88 日	4°05′32″.4
金星	Венера	0.72333	108.1	0.61521	224.701	34.99	583.92	1 36 07 .7
地球	Земля	1.00000	149.5	1.00004	1年 0.006	29.76	—	59 08 .5
火星	Марс	1.52369	277.8	1.88089	1 321.730	24.11	779.94	31 26 .5
木星	Юпитер	5.20280	777.8	11.86223	11 314.84	13.05	398.88	4 55 .1
土星	Сатурн	9.53884	1426.1	29.45772	29 166.98	9.64	378.09	2 00 .5
天王星	Уран	19.19098	2869.1	84.01529	84 007.45	6.80	369.66	42 .2
海王星	Нептун	30.07067	4495.7	164.78829	164 280.30	5.43	367.49	21 .5
冥王星	Плутон	39.45774	5899.1	247.6968	247 255.1	4.73	366.74	14 .3

* 赤道帶的自轉周期爲 9時50分30秒。

表 XV 太陽系行

行星		赤道直徑		扁率	體積	質量
中文	俄文	♁=1	公里		♁=1	♁=1
水星	Меркурий	0.37	4,700	—	0.050	0.074
金星	Венера	0.97	12,400	—	0.90	0.814
地球	Земля	1.00	12,757	1:298	1.00	1.000
火星	Марс	0.52	6,700	1:105	0.140	0.108
木星	Юпитер	10.97	142,000	1:16	1,295	318.4
土星	Сатурн	9.4	120,000	1:11	745	95.2
天王星	Уран	3.8	48,000	1:14	50	14.5
海王星	Нептун	3.4	43,000	1:40	40	17.2
冥王星	Плутон	0.46	5,900	?	0.091	0.03?

* 不計入離心力。木星赤道上重力減少 9%，土星赤道上重力減少 16%。

** 參閱 29 頁；

*** 整個地球的全年平均溫度。

星軌道根數表

自轉周期	偏心率 e	交角 i	升交點黃經 ☊ 1950.0	周年變化 Δ☊	近日點黃經 π 1950.0	周年變化 $\Delta\pi$	1950.0開始時刻的平均黃經
日 時 分 87 23 16	0.20562	7°00′11″	17°41′19″	+0′.71	76°40′30″	+0′.93	58°10′06″
30日?	0.00680	3 23 39	76 13 46	+0.51	130 52 03	+0.81	81 34 19
23時56分04秒.1	0.01673	—	—	—	102 04 50	+1.03	99 35 18
24時37分22秒.7	0.09336	1 51 00	49 10 19	+0.46	335 08 19	+1.10	144 20 07
9時55分41秒*	0.04842	1 18 21	99 56 36	+0.61	13 31 02	+0.97	316 09 33
10時14分21秒	0.05572	2 29 25	113 13 12	+0.52	92 01 06	+1.18	158 18 11
10時48分	0.04718	0 46 23	73 44 21	+0.30	169 51 06	+0.96	98 18 30
15時48分	0.00857	1 46 28	131 13 42	+0.66	44 09 31	+0.48	194 57 09
?	0.24864	17 08 34	109 38 01	+0.72	223 31 21	+0.81	165 35 26

星物理性質表

密度 地=1	密度 水=1	表面重力*	脫離速度 公里/秒	反照率**	向日處的溫度	赤道和軌道交角
1.00	5.5	0.39	4.3	0.06	+412 C	?
0.93	5.1	0.87	10.4	0.76	+ 60 C	?
1.00	5.52	1.00	11.2	0.39	+ 14°C***	23°27′
0.74	4.1	0.10	5.1	0.15	+ 30°C	25 10
0.24	1.35	2.66	61.0	0.51	−140°C	3 01
0.13	0.72	1.18	36.7	0.50	−150 C	26 45
0.28	1.56	1.03	22.4	0.66	−180 C	98 00
0.45	2.47	1.20	25.5	0.62	(−200 C)	29 36
0.33?	2?	0.15?	3?	0.16	(−220°C)	?

表XVI 行星的

行星 中文	行星 俄文	衛星 中文	衛星 俄文	發現者和發現的時間	平均衝時的星等	平均衝時的角距
地球	Земля	月亮	Луна	—	-12.7^m	—
火星	Марс	火衛一	I Фобос	霍爾(Hall),1877	11.5	0′25″
		火衛二	II Деймос		13.0	1 02
木星	Юпитер	木衛五	V Амальтея	巴納德(Barnard),1892	14.0	0 59
		木衛一	I Ио	伽利略,1610	5.5	2 18
		木衛二	II Европа		6.1	3 40
		木衛三	III Ганимед		5.1	5 51
		木衛四	IV Каллисто		6.2	10 18
		木衛六	VI	彼爾恩(Perrine) 1904	14.7	62 40
		木衛七	VII	1905	17.5	64 13
		木衛十	X	尼科遜(Nicholson), 1938	18.8	63 16
		木衛十二*	XII*	1951	19.0	115 0
		木衛十一*	XI*	1938	18.5	123 24
		木衛八*	VIII*	梅洛特(Melotte),1908	16.5	128 35
		木衛九*	IX*	尼科遜,1914	18.0	128 58
土星	Сатурн	土衛一	I Мимас	W. 赫式爾,1789	12.1	0 30
		土衛二	II Энцелад		11.6	0 38
		土衛三	III Тефия	J. D. 卡西尼(Cassini) 1684	10.5	0 48
		土衛四	IV Диона	1684	10.7	1 01
		土衛五	V Рея	1672	10.0	1 25
		土衛六	VI Титан	惠佘斯,1655	8.3	3 17
		土衛七	VII Гиперион	B. D. 朋德(Bond),1848	13.0	3 59
		土衛八	VIII Япет	J. D. 卡西尼,1671	11.0	9 35
		土衛九	IX Феба*	W. 皮克靈(Pickering),1898	14.5	34 52
		光環	Кольцо	惠佘斯,1659	—	—
天王星	Уран	天王衛五	V Миранда**	柯伊伯(Kuiper),1948	17	0 09
		天王衛一	I Ариэль**	拉塞爾(Lassell), 1851	15.2	0 14
		天王衛二	II Умбриэль**		15.8	0 20
		天王衛三	III Титания**	W. 赫式爾,1787	14.0	0 33
		天王衛四	IV Оберон**		14.0	0 44
海王星	Нептун	海王衛一	I Тритон*	拉塞爾,1846	13.6	0 17
		海王衛二	II Нереида	柯伊伯,1949	19.5	6 50

* 逆行。

** 逆行，和天王星自轉方向一致。

⊕ 譯者註：可能有誤。

衛星根數表

和行星的平均距離		公轉的	公轉的會合周期	偏心率	衛星軌道和行星軌道的交角	直徑	質量
以行星赤道半徑爲單位	千公里	恆星周期	日 時 分 秒			公里	以行星質量爲單位
60.27	384.4	27日.32166	29 12 44 03	0.0549	5°9'	3473	1/81.5
2.77	9.5	0.31891	7 39 27	0.0170	25 11	16	—
6.96	23.9	1.26244	1 6 21 16	0.0031	24 16	8	—
2.56	182	0.49818	11 57 28	0.0028	3 07	160	—
5.94	422	1.76914	1 18 28 36	0.0000	3 07	3700	1/22240
9.44	671	3.55118	3 13 17 54	0.0003	3 06	3220	1/39130
15.01	1,069	7.15455	7 03 59 36	0.0015	3 02	5150	1/12520
26.47	1,881	16.68902	16 18 05 07	0.0075	2 43	5150	1/22200
160.4	11,400	250.621	266 0	0.1550	28 45	160	—
165.1	11,730	259.7	276	0.2073	27 58	56	—
165.4	11,750	260.5	277	0.1405	28 21	21	—
296	21,000	615	540(?)	0.1346	147 20	30?	—
316.7	22,500	692.5	597	0.2068	163 37	30	—
330.7	23,500	738.9	631	0.378	148 01	56	—
338	24,000	745.0	636	0.275	156	27	—
3.10	185.6	0.94242	22 37 12	0.0190	26 45	590	1/16340000
3.97	238.1	1.37022	1 08 53 22	0.0046	26 45	740	1/4000000
4.92	294.8	1.88780	1 21 18 55	0.0000	26 45	1200	1/921500
6.30	377.5	2.73692	2 17 42 10	0.0020	26 45	1400	1/526000
8.79	527.2	4.51750	4 12 27 56	0.0009	26 42	1850	1/250000
20.38	1222.0	15.94545	15 23 15 25	0.0289	26 07	5500?	1/4700
24.70	1481.0	21.27666	21 07 39 06	0.119	26 09	500?	1/4500000
59.41	3562.0	79.33082	79 22 04 56	0.0284	16 18	1600?	1/100000
216.2	12961	550.45	536 16	0.1659	174 07	320?	—
1.48—2.29	90—138	4時—14時	—	—	26 45	—	1/3000
5.11	130.4	1日.414	—	—	?	—	—
7.52	191.9	2.52038	2 12 29 40	0.007	97 59	800?	—
10.48	267.3	4.14418	4 03 28 25	0.008	97 59	640?	—
17.21	439.2	8.70588	8 17 00 00	0.0023	97 59	1600?	—
23.01	587.0	13.46326	13 11 15 36	0.0010	97 59	1450?	—
12.9	353.7	5.87683	5 21 03 27	0.0000	139 50	4800?	1/290
200	5570	359.4	—	0.76	5°—6°	320	1/1160000

表 XVII 一些明亮

號數	名稱		遠衝和近衝時的星等	半長徑	公轉的恆星周期
	俄文	原文		a	
			m m		年
1	Церера	Ceres	7.0—7.9	2.767	4.60
2	Паллада	Pallas	6.7—9.3	2.770	4.61
3	Юнона	Juno	7.0—10.0	2.668	4.36
4	Веста	Vesta	5.9—7.0	2.362	3.63
5	Астрея	Astraea	(8.5—10.5)	2.577	4.13
6	Геба	Hebe	7.0—9.6	2.424	3.77
7	Ирис	Iris	6.7—9.6	2.386	3.69
8	Флора	Flora	7.8—9.8	2.201	3.27
9	Метида	Metis	8.1—9.6	2.387	3.69
12	Виктория	Victoria	8.1—10.9	2.333	3.57
15	Эйномия	Eunomia	7.4—9.6	2.644	4.30
18	Мельпомена	Melpomene	7.7—10.5	2.294	3.48
20	Массалия	Massalia	8.2—9.9	2.408	3.74
192	Навзикая	Навзикая	7.5—10.6	2.402	3.72
324	Бамберга	Bamberga	7.3—11.5	2.684	4.39
387	Аквитания	Aquitania	8.2—11.0	2.739	4.53
433	Эрос	Eros	6.7—11.3	1.458	1.76
471	Папагена	Papagena	8.4—11.1	2.888	4.91
511	Давида	Davida	8.3—10.5	3.200	5.69
944	Гидальго	Hidalgo	11.0—19.0	5.794	13.93
1036	Ганимед	Ganymed	12.5	2.660	4.34
1221	Амур	Amor	18	1.919	2.67
	Аполлон	Apollo	17	1.486	1.81
	Адонис	Adonis	19	1.969	2.76
	Гермес	Hermes	8—18	1.290	1.47
	Икар	Icarus	12.5	1.078	1.12

小行星根數表

公轉的平均會合周期	偏心率 e	傾角 i	直徑 D 公里	發現者和發現時間	
466日.68	0.0802	10°.30	770	Piazzi,	1801
466.5	0.2794	34.82	490	Olbers,	1802
473.9	0.2571	12.00	190	Harding,	1804
504.22	0.0889	7.13	380	Olbers,	1807
481.71	0.1862	5.33	80	Hencke,	1845
496.78	0.2049	14.76	189	Hencke,	1847
501.32	0.2309	5.50	189	Hind,	1847
526.41	0.1567	5.90	90	Hind,	1847
501.19	0.1233	6.60	125	Graham,	1848
507.70	0.2190	8.38	60	Hind,	1850
475.97	0.1870	11.76	228	de Gasparis,	1851
512.64	0.2176	10.13	95	Hind,	1852
498.66	0.1426	0.68	106	de Gasparis,	1852
499.37	0.2415	6.86	75	Palisa,	1879
472.78	0.3346	11.26	95	Palisa,	1892
468.62	0.2383	17.97	107	Curtis,	1894
845.37	0.2230	10.83	6×22	Witt,	1898
455.71	0.2336	14.91	210	Wolf,	1901
443.20	0.1759	15.74	230	Dugan,	1903
393.5	0.655	42.56	25—50	Baade,	1920
474.6	0.542	26.28	48	Baade,	1924
584.0	0.437	11.94	1—2	Delporte,	1932
816.2	0.506	6.42	1—2	Reinmuth,	1932
572.8	0.779	1.48	1—2	Delporte,	1936
3年.13	0.475	4.68	1—2	Reinmuth,	1937
13年.82	0.827	23.0	1—2	Baade,	1949

表XVIII甲　周期彗星表（已觀測

№ п/п	名称 俄文	称 原文	發現年份	次數	最近過近年
1	Энке–Баклунда	Encke–Backlund	1706	43	1951
2	Григга–Скьеллерупа	Grigg–Skjellerup	1902	8	1952
3	Хонда–Мркоса–Пайдушаковой	本田–Mrkos–Pajdušáková	1948	2	1954
4	Темпеля II	Tempel	1873	11	1951
5	Неуймина II	Неуймин	1916	3	1927
6	Брорсена I	Brorsen	1846	5	1879
7	Туттля–Джакобини–Кресака	Tuttle–Giacobini–Kresák	1951		1951
8	Темпеля–Л. Свифта	Tempel–L. Swift	1869	4	1908
9	Де Вико–Э. Свифта	De Vico–E. Swift	1678	3	1894
10	Темпеля I	Tempel	1867	3	1879
11	Понса–Виннеке	Pons–Winnecke	1819	15	1951
12	Копфа	Kopff	1906	7	1951
13	Форбса	Forbes	1929	3	1948
14	Перрэна I	Perrine I	1896	2	1909
15	Швассмана–Вахмана II	Schwassmann–Wachmann II	1929	4	1942
16	Джакобини–Циннера	Giacobini–Zinner	1900	6	1946
17	Белого, ядро 1	Biela, 核 1	1772	6	1852
18	Белого, ядро 2	Biela, 核 2	1846	2	1852
19	Д'Арреста	d'Arrest	1851	10	1950
20	Даниэля	Daniel	1909	4	1950
21	Финлея	Finlay	1886	6	1953
22	Холмса	Holmes	1892	3	1906
23	Борелли I	Borrelly I	1905	5	1932
24	Брукса II	Brooks II	1889	8	1946
25	Файя	Faye	1843	13	1947
26	Уиппла	Whipple	1933	2	1941
27	Рейнмута I	Reinmuth I	1928	3	1950
28	Отерма III	Oterma III	1942	2	1950
29	Шомасса	Schaumasse	1911	5	1952
30	Вольфа I	Wolf I	1884	9	1950
31	Комас Сола	Comas Solá	1927	5	1952
32	Вайсала I	Väisälä I	1939	2	1949
33	Неуймина III	Неуймин III	1929	2	1951
34	Гэйла	Gale	1927	2	1938
35	Туттля	Tuttle	1790	8	1939
36	Швассмана–Вахмана I	Schwassmann–Wachmann I	1925	2	1941
37	Неуймина I	Неуймин I	1913	3	1948
38	Кромеллина	Crommelin	1818	3	1928
39	Коггиа–Стефана–Отерма	Coggia–Stephan–Oterma	1867	2	1942
40	Вестфаля	Westphal	1952	2	1913
41	Брорсена II–Меткофа	Brorsen II–Metcalf	1847	2	1919
42	Понса–Брукса	Pons–Brooks	1812	2	1884
43	Ольберса	Olbers	1815	2	1887
44	Галлея	Halley	—466	30	1910
45	К. Гершель–Риголета	C. Herschel–Rigollet	1788	2	1939

到向太陽回歸的彗星)

一次日現時日點的曆元 月	日	偏心率 e	周期 P 年	距離(天文單位) 近日點距離	遠日點距離	近日點與交點的角距 ω	升交點黃經 Ω	傾角 i	根數曆元	絕對星等 H_0
3	16.1	0.817	3年.297	0.938	4.094	185°.20	334°.74	12°.38	1950.0	$9^m.0$
3	11.1	0.701	4.900	0.856	4.918	356.37	215.38	17.63	1950.0	9
2	5.1	0.814	5.224	0.560	5.462	181.11	233.09	13.16	1950.0	10.0—15.5
10	25.3	0.543	5.305	1.142	4.940	190.99	119.38	12.43	1950.0	9.1
1	16.2	0.567	5.129	1.338	4.810	193.73	328.00	10.63	1925.0	11.4
3	31.0	0.810	5.463	0.590	5.614	11.92	101.32	29.39	1880.0	8
5	9.4	0.611	5.493	1.117	5.110	37.95	165.64	13.80	1951.0	—
10	1.4	0.638	5.681	1.153	5.214	113.69	290.31	5.14	1910.0	13.0
10	12.7	0.572	5.855	1.392	5.105	296.58	48.81	2.97	1900.0	6.5
5	7.6	0.463	5.982	1.771	4.820	159.49	78.77	9.77	1879.0	9.3
9	9.1	0.654	6.125	1.159	5.536	170.10	91.35	21.69	1950.0	8.6
10	20.4	0.556	6.179	1.495	5.210	29.86	254.92	7.17	1950.0	8.4
9	16.1	0.553	6.421	1.545	5.364	259.74	25.44	4.62	1950.0	11.4
11	1.3	0.662	6.454	1.173	5.760	166.86	242.26	15.68	1909.0	12.1
2	13.7	0.385	6.515	2.144	4.833	358.01	126.04	3.73	1950.0	7.5
9	18.5	0.717	6.588	0.996	6.033	171.82	196.22	30.73	1946.0	11.6
9	24.2	0.756	6.621	0.861	6.191	223.28	245.86	12.55	1852.0	7.5
9	23.6	0.756	6.619	0.861	6.190	223.28	245.86	12.55	1852.0	—
6	6.6	0.612	6.699	1.378	5.730	174.43	143.61	18.05	1950.0	9.5
8	23.3	0.586	6.663	1.165	5.617	7.24	69.74	19.71	1950.0	9.5
12	25.9	0.708	6.810	1.641	6.089	321.07	45.12	3.34	1950.0	9.2
3	14.6	0.412	6.857	2.122	5.097	14.31	331.67	20.82	1900.0	1.5—8.5
8	27.8	0.617	6.875	1.385	5.846	352.55	77.06	30.53	1932.0	9.0
8	26.0	0.484	6.961	1.879	5.411	195.58	177.71	5.51	1950.0	7.3
9	28.4	0.564	7.441	1.663	5.959	200.52	206.31	10.52	1947.0	4.2
1	22.7	0.350	7.473	2.485	5.160	190.47	188.81	10.22	1950.0	8.0
7	23.7	0.477	7.687	2.037	5.753	12.88	123.60	8.39	1950.0	10.2
7	15.7	0.143	7.917	3.406	4.539	354.65	155.12	3.99	1950.0	7.8
2	10.7	0.706	8.154	1.194	6.920	51.83	86.38	12.03	1950.0	10.3
10	23.6	0.396	8.416	2.498	5.778	161.15	203.88	27.32	1950.0	7
9	10.7	0.578	8.554	1.760	6.599	39.93	62.94	13.46	1950.0	9.0
11	10.5	0.635	10.525	1.752	7.853	44.33	135.46	11.28	1950.0	12.0
5	28.4	0.588	10.950	2.032	7.830	144.81	156.20	3.76	1950.0	—
6	19.5	0.761	10.992	1.183	8.705	209.12	67.25	11.73	1950.0	9.5
11	10.1	0.821	13.606	1.022	10.37	206.96	269.84	54.65	1950.0	5.0
6	9.4	0.136	16.159	5.523	7.254	356.22	322.00	9.52	1950.0	5.0
12	15.8	0.774	17.932	1.547	12.16	346.69	347.15	15.00	1948.0	—
11	5.0	0.919	27.913	0.745	17.66	195.88	250.07	28.90	1928.0	—
12	19.2	0.861	38.961	1.596	21.59	358.36	78.49	17.89	1943.0	—
11	26.8	0.920	61.730	1.254	29.99	57.06	346.79	40.87	1913.0	—
10	17.4	0.971	69.060	0.485	33.18	129.52	310.82	19.19	1925.0	—
1	26.2	0.955	71.563	0.776	33.70	199.19	254.10	74.04	1880.0	—
10	9.0	0.931	72.405	1.199	33.54	65.35	84.37	44.57	1950.0	—
4	20.2	0.967	76.029	0.587	35.30	111.70	57.27	162.21	1910.0	—
8	9.5	0.974	156.04	0.748	57.22	29.30	355.13	64.20	1939.0	—

表XVIII乙 周期彗星表(尚未觀測到

№ п/п	名稱 俄文	名稱 原文	簡號	過近日點的曆元 年	月	日
1	Вилсона–Харрингтона	Wilson–Harrington	1949 *g*	1949	10	13.2
2	Хельфенцридера	Helfenzrieder	1766 II	1766	4	28.2
3	Бланпэна–Понса	Blanpain–Pons	1819 IV	1819	11	20.8
4	Барнарда I	Barnard I	1884 II	1884	8	17.0
5	Швассмана–Вахмана III	Schwassmann–Wachmann III	1930 VI	1930	6	14.2
6	Гришова	Гришова	1743 I	1743	1	8.7
7	Дю Туа–Неуймина–Дельпорта	du Toit–Неуймин–Delporte	1941 VII	1941	7	21.2
8	Брукса I	Brooks	1886 IV	1886	6	7.2
9	Лекселя	Lexell	1770 I	1770	8	14.0
10	Кулина	Kulin	1939 VIII	1939	10	3.5
11	Пиготта–Мэшена	Pigott–Méchain	1783	1783	11	20.4
12	Тэйлора ядро А (южное)	Taylor 核 A (南)	1916 I	1916	1	31.4
13	Шпиталера	Spitaler	1890 VII	1890	10	27.0
14	Харрингтон–Вилсон	Harrington–Wilson	1952 *a*	1951	10	30.4
15	Рейнмута II	Reinmuth II	1947 VII	1947	8	19.6
16	Барнарда II	Barnard II	1892 V	1892	12	11.0
17	Джакобини	Giacobini	1896 V	1896	10	28.5
18	Аренд–Риго	Arend–Rigaux	1951 *b*	1950	12	18.9
19	Шорра	Schorr	1918 III	1918	9	29.1
20	Джонсона	Johnson	1949 *d*	1949	9	16.2
21	Э. Свифта	E. Swift	1895 II	1895	8	21.3
22	Виртанена	Wirtanen	1947 XIII	1947	12	3.6
23	П. Шайн–Шалдах	П. Шайн–Schaldach	1949 *e*	1949	11	26.7
24	Деннинга II	Denning II	1894 I	1894	2	10.0
25	Ашбрука–Джэксона	Ashbrook–Jackson	1948 *i*	1948	10	4.7
26	Вольфа II	Wolf II	1924 IV	1924	12	30.1
27	Аренда	Arend	1951 *j*	1951	11	23.3
28	Меткофа	Metcalf	1906 IV	1906	10	10.3
29	Джэксона–Неуймина	Jackson–Неуймин	1936 IV	1936	10	8.4
30	Деннинга I–Брукса	Denning I–Brooks	1881 V	1881	9	13.8
31	Л. Свифта	L. Swift	1889 VI	1889	11	30.1
32	Петерса	Peters	1846 VI	1846	6	1.6
33	Дю Туа I	du Toit I	1944 III	1944	6	17.5
34	Темпеля–Тутля	Tempel–Tuttle	1866 I	1866	1	11.6
35	Понса–Гамбарта	Pons–Gambart	1827 II	1827	6	7.7
36	Д. Росса	D. Ross	1883 II	1883	12	25.6
37	Дубяго	Дубяго	1921 I	1921	5	5.4
38	Де Вико–Бонда	De Vico–Bond	1846 IV	1846	3	6.0
39	Свифта–Тутля	Swift–Tuttle	1862 III	1862	8	23.4
40	Барнарда III	Barnard III	1889 III	1889	6	21.2
41	Меллиша	Mellish	1917 I	1917	4	11.2

向太陽回歸的彗星）（周期小於200年）

周期 P	偏心率	距離（天文單位）		近日點與升交點的距離 ω	升交點黃經 ☊	傾角	根數曆元	絕對星等
年	e	近日點距離	遠日點距離			i		H_0
2年.3[illegible]	0.112	1.628	2.47	91°.95	278°.64	2°.20	1949.0	15等.5
3.898	0.821	0.411	4.584	180.39	71.55	8.00	1766.0	6.8
5.098	0.699	0.892	5.032	350.11	77.44	9.11	1820.0	8.5
5.400	0.584	1.280	4.876	301.03	5.15	5.46	1884.0	10.5
5.427	0.672	1.011	5.165	192.32	76.78	17.40	1930.0	—
5.456:	0.721	0.862	5.921	6.42	86.91	1.90	1743.0	9
5.528	0.583	1.305	4.956	69.34	229.61	3.26	1950.0	—
5.595	0.579	1.328	4.976	176.80	53.48	12.72	1886.0	9.5
5.600	0.786	0.674	5.632	224.30	131.98	1.57	1770.0	7.7
5.657	0.418	1.749	4.586	292.75	137.63	4.80	1950.0	—
5.888:	0.552	1.459	5.062	354.62	56.68	45.12	1783.0	6
6.302	0.546	1.558	5.309	354.79	113.91	15.52	1916.0	8.8
6.373	0.471	1.817	5.057	8.22	45.08	12.84	1890.0	9.6
6.381	0.516	1.665	5.215	312.99	127.86	16.38	1952.0	—
6.591	0.469	1.867	5.164	43.97	297.36	7.13	1950.0	8.9—10.7
6.634	0.594	1.434	5.627	169.89	206.44	31.31	1892.0	10
6.646	0.588	1.455	5.615	140.53	193.43	11.36	1896.0	9.0
6.691	0.610	1.386	5.716	326.28	124.73	17.18	1951.0	—
6.707	0.471	1.882	5.231	278.65	118.01	5.58	1925.0	11.0
6.85[illegible]	0.377	2.248	4.969	206.02	118.18	13.88	1949.0	9.6—10.5
7.219	0.652	1.298	6.172	167.77	170.31	3.01	1895.0	12.0
7.253	0.560	1.648	5.846	334.01	86.32	13.50	1948.0	—
7.273	0.405	2.234	5.273	215.23	167.38	6.15	1949.0	8.5
7.418	0.698	1.147	6.460	46.25	84.37	5.53	1894.0	10.2
7.475	0.396	2.311	5.335	348.89	2.36	12.51	1950.0	7.3—11.4
7.658	0.365	2.442	5.328	176.52	240.20	23.99	1925.0	11
7.765	0.536	1.821	6.021	44.43	357.72	21.70	1951.0	—
7.778	0.584	1.632	6.215	200.00	194.55	14.62	1910.0	7.5
8.532	0.650	1.462	6.889	197.34	164.24	13.28	1926.0	13.3
8.687	0.828	0.725	7.727	312.51	65.95	6.85	1881.0	9.1
8.917	0.685	1.356	7.244	69.77	330.41	10.28	1890.0	11.5
13.376	0.729	1.529	9.740	339.63	260.40	30.67	1846.0	—
14.868	0.789	1.277	10.82	257.01	22.38	18.75	1944.0	—
33.18	0.905	0.977	19.67	170.97	231.43	162.70	1866.0	—
63.83	0.949	0.807	31.14	19.32	317.66	136.44	1827.0	—
64.63:	0.981	0.309	31.90	137.61	264.30	114.70	1884.0	—
67.01	0.932	1.116	31.88	97.43	66.08	22.33	1921.0	—
75.71	0.963	0.664	35.13	12.89	77.55	85.11	1846.0	—
119.64	0.960	0.963	47.60	152.76	137.45	113.57	1862.0	—
128.30	0.957	1.102	49.78	60.13	270.97	31.21	1889.0	—
145.34	0.993	0.190	54.07	121.35	87.53	32.68	1917.0	—

表 XIX 甲 恒定流星羣

流星羣	極盛日期		輻射點坐標		極盛時每小時流星數	附註
			α	δ		
天龍座……	1月	3日	15時24分	+52°	40	當太陽黃經爲283°時(1950.0)極盛
天琴座……	4	22	18 06	+34°	12	當太陽黃經爲31°21′時(1950.0)極盛
寳瓶座η…	5	4	22 20	−1°	8	
仙后座β…	7	27	23 44	+60°	—	
寳瓶座δ…	7	28	22 40	−14	—	
英仙座……	8	12	3 10	+58	55	
獵戶座……	10	22	6 18	+15	8	
南金牛座…	11	1	3 22	+14	—	當太陽黃經爲218°時極盛
北金牛座…	11	8	3 42	+22	—	
獅子座……	11	16	10 06	+22	8	
雙子座……	12	12	7 20	+33	60	
大熊座……	12	22	15 32	+83	10—20	當太陽黃經爲270°22′時極盛

表 XIX 乙 曾於個別年份出現過大量流星的流星羣

流星羣	極盛日期		輻射點坐標		附註
			α	δ	
天秤座……	6月	9日	15時08分	−28°	1937年6月8，9日曾於南非觀測到
牧夫座……	6	9	14 40	+45	1930年曾於1小時觀測到59個流星
大熊座η…	6	28	14 00	+57	1927年曾於1小時觀測到22個流星
玉夫座……	9	9	0 32	−26	1937年曾於南非觀測到
九月英仙座	9	16	11 36	+53	1936年曾於仲襄堡觀測到
麒麟座γ…	9	21	7 20	−5	1935年曾於1小時觀測到120個流星
天龍座γ…	10	9*	17 42	+54	1946年曾於1小時觀測到13000個流星
鯨魚座……	10	19	2 40	−5	1935年曾於1小時觀測到100個流星

* 當太陽黃經爲196°18′時(1950.0)極盛。

表 XIX 丙　彗星輻射點(尚未被流星觀測充分證實者)

日　期	輻射點坐標		彗　星	流星羣名稱和觀測年份
	α	δ		
3月 31日	19時 52分	−10°	1917 II	
4　22	17　00	+35	1949 III	
4　26	21　20	+24	1911 VI	
6　8	14　32	+45	1930 VI	
6　25	20　48	+61	1850 I	
6　28	12　48	−19	Tempel-Swift	烏鴉座；1937 年曾於南非觀測到
7　13	0　12	+29	1901 I	
7　24	3　24	+45	1764	
7　25	18　08	+62	1919 V	
8　4	1　24	−39	1951 a	1952 年觀測到
8　10	2　08	−18	1877 II	
8　14	4　12	+40	1925 XII	
8　15	0　16	+38	1780 II	
8　21	0　12	+47	1871 IV	
9　1	5　44	+41	1911 II	御夫座；1935 年觀測到
9　11	23　04	+03	1907 IV	
10　28	2　00	+26	1757	
11　14	10　40	+62	1873 IV	
11　27	3　44	+20	1702	
12　2	1　40	+43	Biela	仙女座；1872 年，1886 年曾見流星雨，以後長時未見，直至1940 年又出現（一小時觀測到 2 個流星）
12　3	10　36	+34	1798 II	
12　7	12　40	+67	Pons-Brooks	

表 XIX 丁　一些流星群輻射點的位移

天琴座流星群(1950.0)			獅子座流星群(1950.0)			獵戶座流星群		
日期	α	δ	日期	α	δ	日期	α	δ
17 IV	17時50分	+33°	12 XI	9時54分	+23°	17 X	6時04分	+15°
19 IV	17 56	33	13 XI	9 58	23	18 X	6 06	15
21 IV	18 04	34	14 XI	10 02	22	19 X	6 08	15
23 IV	18 10	34	15 XI	10 06	22	20 X	6 12	15
25 IV	18 18	+34	16 XI	10 10	22	21 X	6 14	15
			17 XI	10 14	21	22 X	6 18	15
			18 XI	10 18	+21	23 X	6 20	+15

英仙座流星群*			南金牛座流星群(1950.0)			北金牛座流星群(1950.0)		
日期	α	δ	日期	α	δ	日期	α	δ
1 VIII	2時18分	+55°	17 X	—	—	17 X	2時58分	+19°
2	2 22	55	20	—	—	20	3 04	19
3	2 26	55	23	—	—	23	3 10	20
4	2 32	56	26	3^h08^m	+13°	26	3 16	20
5	2 36	56	29	3 16	14	29	3 22	21
6	2 40	56	1 XI	3 22	14	1 XI	3 28	21
7	2 46	56	4	3 30	14	4	3 34	22
8	2 50	56	7	3 36	14	7	3 40	22
9	2 56	57	10	3 44	15	10	3 46	22
10	3 00	57	13	3 52	15	13	3 52	23
11	3 06	57	16	3 58	15	16	3 58	23
12	3 10	58	19	4 06	15	19	4 04	23
13	3 16	58	22	4 14	15	22	4 12	24
14	3 20	58	25	4 20	15	25	4 18	24
15	3 25	58	28	4 28	+16	28	4 24	24
16	3 30	58	1 XII			1 XII	4 30	+24
17	3 36	59						
18	3 40	59						
19	3 46	+59						

仙后座β流星群			雙子座流星群		
日期	α	δ	日期	α	δ
15 VII	23時4分	+57°	25 XI	5時56分	+35°
20	23 16	58	30	6 24	35
25	23 36	60	5 XII	6 48	34
30	23 56	61	7	6 56	34
4 VIII	0 16	+62	9	7 8	34
			11	7 16	33
			13	7 28	33
			15	7 36	33
			17	7 44	+33

* 照相星曆表　1 VIII 2時10分+57°
　　　　　　　19 VIII 3時34分+58°

表 XX　1960 年太陽地心黃經 $l_\odot$，真太陽中心赤道坐標 $\alpha_\odot$，$\delta_\odot$，時差 η，角半徑 $r_\odot$

[查其他年份的數據時，須計入本表後刊載的年初改正量 E]

平年	閏年	$l_\odot$	$\alpha_\odot$	$\delta_\odot$	η	$r_\odot$
1 月		°	時 分 秒	° ′	分 秒	′ ″
1	2	280.01	18 43 32	−23 04.2	+3 14	16 18
4	5	283.07	18 56 46	−22 48.4	+4 28	16 18
7	8	286.12	19 09 56	−22 28.5	+5 59	16 18
10	11	289.18	19 23 02	−22 04.6	+7 15	16 17
13	14	292.24	19 36 04	−21 36.8	+8 37	16 17
16	17	295.30	19 49 00	−21 05.2	+9 33	16 17
19	20	298.35	20 01 50	−20 30.0	+10 33	16 17
22	23	301.40	20 14 33	−19 51.3	+11 27	16 17
25	26	304.46	20 27 09	−19 09.3	+12 14	16 16
28	29	308.52	20 39 38	−18 24.1	+12 53	16 16
31	32	310.55	20 52 00	−17 36.0	+13 25	16 16
2 月						
3	4	313.60	21 04 1[illegible]	−16 45.0	+13 50	16 15
6	7	316.62	21 16 21	−15 51.5	+14 07	16 15
9	10	319.67	21 28 21	−14 55.4	+14 17	16 14
12	13	322.71	21 40 14	−13 57.1	+14 20	16 14
15	16	325.74	21 52 00	−12 56.7	+14 17	16 13
18	19	328.77	22 03 39	−11 54.4	+14 06	16 12
21	22	331.80	22 15 12	−10 50.4	+13 50	16 12
24	25	334.82	22 26 39	−9 44.9	+13 19	16 11
27	28	337.84	22 38 01	−8 38.1	+12 59	16 11
3 月						
2		340.85	22 49 17	−7 30.2	+12 26	16 10
5		343.85	23 00 29	−6 21.3	+11 48	16 09
8		346.85	23 11 37	−5 11.6	+11 06	16 08
11		349.85	23 22 41	−4 01.3	+10 21	16 08
14		352.85	23 33 43	−2 50.5	+9 33	16 07
17		355.84	23 44 42	−1 39.5	+8 42	16 06
20		358.82	23 55 39	−0 28.3	+7 50	16 05
23		1.80	0 06 35	+0 42.9	+6 56	16 04
26		4.77	0 17 31	+1 53.8	+6 02	16 04
29		7.74	0 28 25	+3 04.3	+5 07	16 03
4 月						
1		10.70	0 39 20	+4 14.2	+4 12	16 02
4		13.66	0 50 16	+5 23.5	+3 18	16 01
7		16.61	1 01 13	+6 31.8	+2 26	16 00
10		19.56	1 12 12	+7 39.3	−1 35	15 59
13		22.50	1 23 14	+8 45.5	−0 47	15 59
16		25.44	1 34 18	+9 50.6	−0 02	15 58
19		28.37	1 45 26	+10 54.0	−0 40	15 57
22		31.30	1 56 37	+11 55.9	−1 19	15 56
25		34.23	2 07 52	+12 56.0	−1 53	15 55
28		37.15	2 19 11	+13 54.2	−2 24	15 55
5 月						
1		40.06	2 30 35	+14 50.3	−2 50	15 54
4		43.00	2 42 03	+15 44.2	−3 11	15 53
7		45.87	2 53 37	+16 35.7	−3 27	15 53
10		48.77	3 05 15	+17 24.8	−3 39	15 52
13		51.67	3 16 59	+18 11.3	−3 44	15 51
16		54.56	3 28 48	+18 55.1	−3 45	15 51
19		57.46	3 40 42	+19 35.9	−3 40	15 50
22		60.35	3 52 42	+20 13.8	−3 31	15 49
25		63.23	4 04 46	+20 48.6	−3 16	15 49
28		66.11	4 16 54	+21 20.1	−2 58	15 48
31		68.98	4 29 06	+21 48.8	−2 35	15 48

續表 XX

平年	$l_\odot$	$\alpha_\odot$	$\delta_\odot$	η	$r_\odot$
6 月	°	h m s	° ′	m s	′ ″
3	71.86	4 41 22	+22 13.1	−2 09	15 48
6	74.73	4 53 42	+22 34.4	−1 39	15 47
9	77.60	5 06 05	+22 52.2	−1 06	15 47
12	80.46	5 18 30	+23 06.3	−0 30	15 46
15	83.33	5 30 57	+23 16.8	+0 07	15 46
18	86.20	5 43 25	+23 23.6	+0 46	15 46
21	89.06	5 55 54	+23 26.7	+1 25	15 46
24	91.92	6 08 23	+23 26.0	+2 04	15 46
27	94.78	6 20 51	+23 21.7	+2 43	15 46
30	97.64	6 33 17	+23 13.6	+3 19	15 45
7 月					
3	100.50	6 45 42	+23 01.9	+3 54	15 45
6	103.36	6 58 04	+22 46.6	+4 26	15 45
9	106.22	7 10 23	+22 27.7	+4 56	15 45
12	109.08	7 22 39	+22 05.4	+5 22	15 45
15	111.94	7 34 51	+21 39.6	+5 44	15 46
18	114.81	7 46 58	+21 10.4	+6 02	15 46
21	117.67	7 59 01	+20 38.1	+6 16	15 46
24	120.53	8 10 58	+20 02.6	+6 22	15 46
27	123.40	8 22 50	+19 24.1	+6 25	15 46
30	126.27	8 34 36	+18 42.8	+6 22	15 47
8 月					
2	129.13	8 46 18	+17 58.6	+6 13	15 47
5	132.01	8 57 53	+17 11.9	+5 59	15 48
8	134.88	9 09 24	+16 22.6	+5 40	15 48
11	137.76	9 20 49	+15 30.9	+5 16	15 48
14	140.64	9 32 10	+14 37.0	+4 46	15 49
17	143.52	9 43 25	+13 41.0	+4 12	15 49
20	146.41	9 54 36	+12 43.0	+3 33	15 50
23	149.30	10 05 42	+11 43.3	+2 49	15 51
26	152.19	10 16 43	+10 41.8	+2 02	15 51
29	155.09	10 27 42	+9 38.9	+1 10	15 52
9 月					
1	157.99	10 38 37	+8 34.6	+0 15	15 52
4	160.89	10 49 29	+7 29.0	−0 42	15 53
7	163.80	11 00 19	+6 22.4	−1 42	15 54
10	166.71	11 11 07	+5 14.7	−2 43	15 55
13	169.63	11 21 54	+4 05.3	−3 45	15 56
16	172.56	11 32 41	+2 57.2	−4 49	15 56
19	175.49	11 43 26	+1 47.6	−5 53	15 57
22	178.42	11 54 12	+0 37.7	−6 57	15 58
25	181.35	12 04 59	−0 32.4	−8 00	15 59
28	184.29	12 15 47	−1 42.5	−9 01	15 59
10 月					
1	187.24	12 26 36	−2 52.6	−10 01	16 00
4	190.19	12 37 29	−4 02.3	−10 59	16 01
7	193.15	12 48 24	−5 11.7	−11 53	16 02
10	196.11	12 59 23	−6 20.5	−12 43	16 03
13	199.08	13 10 27	−7 28.6	−13 30	16 03
16	202.06	13 21 34	−8 35.7	−14 12	16 04
19	205.03	13 32 47	−9 41.7	−14 49	16 05
22	208.01	13 44 05	−10 46.4	−15 20	16 06
25	211.00	13 55 29	−11 49.7	−15 46	16 07
28	213.99	14 06 59	−12 51.4	−16 05	16 07
31	216.99	14 14 43	−13 31.5	−16 18	16 08

續表 XX

日期	$l_☉$	$α_☉$	$δ_☉$	$η$	$r_☉$
11 月		h m s		m s	
3	219°.90	14 30 21	−14°49′.1	−16 24	16 09
6	223.00	14 42 12	−15 44.8	−16 22	16 10
9	226.01	14 54 11	−16 38.3	−16 12	16 10
12	229.03	15 06 18	−17 29.1	−15 55	16 11
15	232.05	15 18 33	−18 17.3	−15 30	16 12
18	235.07	15 30 54	−19 02.5	−14 58	16 12
21	239.00	15 43 21	−19 41.7	−14 18	16 13
24	241.13	15 56 00	−20 23.7	−13 32	16 14
27	244.16	16 08 43	−20 59.2	−12 38	16 14
30	247.20	16 21 33	−21 31.3	−11 38	16 15
12 月					
3	250.24	16 34 30	−21 59.6	−10 31	16 15
6	253.28	16 47 32	−22 24.2	−9 19	16 16
9	256.33	17 00 39	−22 44.8	−8 01	16 16
12	259.38	17 13 50	−23 01.4	−6 40	16 16
15	262.43	17 27 05	−23 13.9	−5 15	16 17
18	265.49	17 40 22	−23 22.3	−3 48	16 17
21	268.54	17 53 40	−23 26.4	−2 19	16 17
24	271.59	18 06 59	−23 26.3	−0 49	16 17
27	274.65	18 20 18	−23 22.0	+0 40	16 17
30	277.71	18 33 36	−23 13.4	+2 08	16 17

年初改正量 K

年份	K	年份	K	年份	K	年份	K
	日		日		日		日
1940*	−0.578 +0.422	1950	0.000	1960	−0.422 +0.578	1970	+0.156
1941	+0.180	1951	−0.242	1961	+0.336	1971	−0.086
1942	−0.062	1952	−0.484 +0.516	1962	+0.094	1972	−0.328 +0.672
1943	−0.305	1953	+0.273	1963	−0.149	1973	+0.429
1944	−0.547 +0.453	1954	+0.031	1964	−0.391 +0.609	1974	+0.187
1945	+0.211	1955	−0.211	1965	+0.367	1975	−0.055
1946	−0.031	1956	−0.453 +0.547	1966	+0.125	1976	−0.297 +0.703
1947	−0.273	1957	+0.305	1967	−0.117	1977	+0.461
1948	−0.516 +0.484	1958	+0.062	1968	−0.360 +0.640	1978	+0.218
1949	+0.242	1959	−0.180	1969	+0.398	1979	−0.024
						1980	−0.266 +0.734

* 3 月 1 日以前採用第一改正量，3 月 1 日以後採用第二改正量。

表 XXI　1950 年太陽地心黃經 $l_\odot$，太陽直角坐標 $X.Y.Z$，太陽矢徑 R

[查其他年份的數據時，須計入本表後刊載的年初改正量 E]

平年	閏年	$l_\odot$	X	Y	Z	R
1	月					
1	2	280°.01	+0.17092	−0.88833	−0.38526	0.98324
4	5	283.07	0.22231	0.87869	0.38108	0.98323
7	8	286.12	0.27308	0.86660	0.37583	0.98327
10	11	289.18	0.32310	0.85209	0.36954	0.98337
13	14	292.24	0.37222	0.83520	0.36222	0.98352
16	17	295.30	0.43610	0.80903	0.35087	0.98371
19	20	298.35	0.46724	0.79442	0.34454	0.98394
22	23	301.40	0.51284	0.77066	0.33423	0.98419
25	26	304.46	0.55700	0.74474	0.32298	0.98448
28	29	308.52	0.59960	0.71674	0.31084	0.98481
31	32	310.55	0.64051	0.68676	0.29784	0.98519
2	月					
3	4	313.60	+0.67965	−0.65487	−0.28401	0.98562
6	7	316.62	0.71690	0.62118	0.26940	0.98609
9	10	319.67	0.75218	0.58576	0.25404	0.98662
12	13	322.71	0.78539	0.54870	0.23707	0.98718
15	16	325.74	0.81642	0.51012	0.22124	0.98778
18	19	328.77	0.84519	0.47011	0.20388	0.98839
21	22	331.80	0.87162	0.42881	0.18597	0.98903
24	25	334.82	0.89563	0.38583	0.16754	0.98968
27	28	337.84	0.91718	0.34279	0.14866	0.99037
3	月					
2		340.85	+0.93621	−0.29833	−0.12938	0.99108
5		343.85	0.95270	0.25306	0.10975	0.99182
8		346.85	0.96659	0.20711	0.08982	0.99261
11		349.85	0.97787	0.16068	0.06964	0.99341
14		352.85	0.98650	0.11360	0.04927	0.99424
17		355.84	0.99245	0.06630	0.02876	0.99508
20		358.82	0.99570	−0.01882	0.00816	0.99591
23		1.80	0.99626	+0.02870	0.01246	0.99675
26		4.77	0.99413	0.07615	0.03303	0.99759
29		7.74	0.98933	0.12337	0.05361	0.99843
4	月					
1		10.70	+0.98189	+0.17026	+0.07384	0.99928
4		13.66	0.97185	0.21669	0.09397	1.00014
7		16.61	0.95924	0.26254	0.11386	1.00101
10		19.56	0.94408	0.30772	0.13345	1.00189
13		22.50	0.92642	0.35209	0.15270	1.00276
16		25.44	0.90630	0.39554	0.17154	1.00362
19		28.37	0.88378	0.43794	0.18993	1.00445
22		31.30	0.85892	0.47919	0.20782	1.00527
25		34.23	0.83182	0.51916	0.22516	1.00606
28		37.15	0.80256	0.55777	0.24190	1.00683
5	月					
1		40.06	+0.77119	+0.59492	+0.25801	1.00759
4		43.00	0.73785	0.63053	0.27346	1.00834
7		45.87	0.70259	0.66451	0.28819	1.00909
10		48.77	0.66551	0.69678	0.30218	1.00981
13		51.67	0.62670	0.72726	0.31540	1.01051
16		54.56	0.58625	0.75585	0.32781	1.01117
19		57.46	0.54429	0.78250	0.33936	1.01179
22		60.35	0.50093	0.80712	0.35004	1.01237
25		63.23	0.45628	0.82966	0.35981	1.01291
28		66.11	0.41048	0.85006	0.36866	1.01342
31		68.98	+0.36364	+0.86830	+0.37657	1.01390

續表 XXI

平年	$l_{\odot}$	X	Y	Z	R
6 月					
3	71°.86	+ 0.31589	+ 0.88433	+ 0.38362	1.01435
6	74.73	0.26732	0.89812	0.38950	1.01479
9	77.60	0.21806	0.90963	0.39449	1.01518
12	80.46	0.16823	0.91882	0.39848	1.01554
15	83.33	0.11797	0.92566	0.40145	1.01584
18	86.20	0.06740	0.93015	0.40340	1.01610
21	89.06	+ 0.01666	0.93225	0.40431	1.01130
24	91.92	− 0.03410	0.93200	0.40420	1.01645
27	94.78	0.08177	0.92939	0.40306	1.01656
30	97.64	0.13520	0.92442	0.40091	1.01665
7 月					
3	100.50	− 0.18530	+ 0.91713	+ 0.39775	1.01670
6	103.36	0.23494	0.90753	0.39358	1.01672
9	106.22	0.28400	0.89562	0.38842	1.01669
12	109.08	0.33238	0.88141	0.38227	1.01662
15	111.94	0.37987	0.86501	0.37515	1.01650
18	114.81	0.42641	0.84635	0.36707	1.01633
21	117.67	0.47186	0.82560	0.35805	1.01610
24	120.53	0.51610	0.80272	0.34813	1.01583
27	123.40	0.55902	0.77731	0.33733	1.01552
30	126.27	0.60051	0.75094	0.32567	1.01518
8 月					
2	129.13	− 0.64049	+ 0.72217	+ 0.31320	1.01482
5	132.01	0.67886	0.69156	0.29992	1.01442
8	134.88	0.71550	0.65918	0.28588	1.01399
11	137.76	0.75032	0.62510	0.27110	1.01352
14	140.64	0.78322	0.58942	0.25563	1.01301
17	143.52	0.81409	0.65222	0.23949	1.01244
20	146.41	0.84287	0.51360	0.22274	1.01184
23	149.30	0.86946	0.47367	0.20542	1.01120
26	152.19	0.89382	0.43253	0.18758	1.01054
29	155.09	0.91588	0.39029	0.16927	1.00985
9 月					
1	157.99	− 0.93559	+ 0.34705	+ 0.15051	1.00917
4	160.89	0.95289	0.30289	0.13137	1.00846
7	163.80	0.96772	0.25794	0.11187	1.00773
10	166.71	0.98002	0.21231	0.09208	1.00698
13	169.63	0.98976	0.16612	0.07204	1.00619
16	172.56	0.99690	0.11949	0.05182	1.00538
19	175.49	1.00142	0.07256	0.03147	1.00454
22	178.42	1.00330	+ 0.02545	0.01104	1.00369
25	181.35	1.00255	− 0.02171	0.00942	1.00283
28	184.29	0.99917	0.06882	0.02984	1.00198
10 月					
1	187.24	− 0.99316	− 0.11575	− 0.05019	1.00114
4	190.19	0.98451	0.16238	0.07042	1.00029
7	193.15	0.97325	0.20859	0.09046	0.99945
10	196.11	0.95938	0.25425	0.11027	0.99860
13	199.08	0.94293	0.29923	0.12977	0.99774
16	202.05	0.92394	0.34340	0.14893	0.99688
19	205.03	0.90246	0.38664	0.16768	0.99601
22	208.01	0.87856	0.42882	0.18597	0.99516
25	211.00	0.85230	0.46984	0.20376	0.99433
28	213.99	0.82374	0.50960	0.22100	0.99352
31	216.99	− 0.79296	− 0.54797	− 0.23765	0.99274

續表 XXI

平年	$l_\odot$	X	Y	Z	R
11 月					
3	219°.99	−0.76002	−0.58487	−0.25865	0.99199
6	223.00	0.72499	0.52019	0.26897	0.99125
9	226.01	0.68797	0.65381	0.28355	0.99054
12	229.03	0.64905	0.68563	0.29735	0.98983
15	232.05	0.60534	0.71565	0.31033	0.98914
18	235.07	0.56597	0.74350	0.32244	0.98847
21	239.00	0.52205	0.76939	0.33367	0.98784
24	241.13	0.47670	0.79315	0.34398	0.98725
27	244.16	0.43004	0.81474	0.35334	0.98670
30	247.20	0.38219	0.83407	0.36172	0.98620
12 月					
3	250.24	−0.33327	−0.85111	−0.36911	0.98574
6	253.28	0.28341	0.86577	0.37548	0.98533
9	256.33	0.23274	0.87803	0.38079	0.98494
12	259.38	0.18143	0.88782	0.38504	0.98458
15	262.43	0.12951	0.89512	0.38820	0.98425
18	265.49	0.07744	0.89992	0.39028	0.98396
21	268.54	−0.02507	0.90221	0.39127	0.98372
24	271.59	+0.02736	0.90198	0.39117	0.98353
27	274.65	0.07971	0.89924	0.38998	0.98340
30	277.71	+0.13185	−0.89399	−0.38771	0.98332

年初改正量 K

年份	K	年份	K	年份	K	年份	K
	日		日		日		日
1940*	−0.573	1950	0.000	1960	−0.422	1970	+0.156
	+0.422	1951	−0.242		+0.578	1971	−0.086
1941	+0.180	1952	−0.484	1961	+0.336	1972	−0.328
1942	−0.062		+0.516	1962	+0.094		+0.672
1943	−0.305	1953	+0.273	1963	−0.149	1973	+0.429
1944	−0.547	1954	+0.031	1964	−0.391	1974	+0.187
	+0.453	1955	−0.211		+0.609	1975	−0.055
1945	+0.211	1956	−0.453	1965	+0.367	1976	−0.297
1946	−0.031		+0.547	1966	+0.125		+0.703
1947	−0.273	1957	+0.305	1967	−0.117	1977	+0.461
1948	−0.516	1958	+0.062	1968	−0.360	1978	+0.218
	+0.484	1959	−0.180		+0.640	1979	−0.024
1949	+0.242			1969	+0.398	1980	−0.266
							+0.734

* 3 月 1 日以前採用第一改正量，3 月 1 日以後採用第二改正量。

表 XXII 甲　日心緯度改正量 Δb

l' (測定Δb時用) \ D	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	l' (測定A時用)
0°	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	90°
5	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	85
10	0.0	1.0	2.0	3.0	3.9	4.9	5.9	6.9	80
15	0.0	1.0	1.9	2.9	3.9	4.8	5.8	6.8	75
20	0.0	0.9	1.9	2.8	3.8	4.7	5.6	6.6	70
25	0.0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	65
30	0.0	0.9	1.7	2.6	3.5	4.3	5.2	6.1	60
35	0.0	0.8	1.6	2.5	3.3	4.1	4.9	5.7	55
40	0.0	0.8	1.5	2.3	3.1	3.8	4.6	5.4	50
45	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	45
50	0.0	0.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.5	40
55	0.0	0.6	1.1	1.7	2.3	2.9	3.4	4.0	35
60	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	30
65	0.0	0.4	0.8	1.3	1.7	2.1	2.5	3.0	25
70	0.0	0.3	0.7	1.0	1.4	1.7	2.0	2.4	20
75	0.0	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	15
80	0.0	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	10
85	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	5
90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

Δb 與 D 的符號相同。

表 XXII 乙　日心經度改正量 Δl

A \ b'	0°	10°	20°	30°	40°	50°
0°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.2
2	0.0	0.4	0.7	1.2	1.7	2.4
3	0.0	0.5	1.1	1.7	2.5	3.6
4	0.0	0.7	1.5	2.3	3.4	4.8
5	0.0	0.9	1.8	2.9	4.2	6.0
6	0.0	1.1	2.2	3.5	5.0	7.2
7	0.0	1.2	2.5	4.0	5.9	8.3

Δl 與 $D \cdot l' \cdot b'$ 三項乘積的符號相同。

表 XXIII 年中的順序計日

日＼月	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	858
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	859
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29	—	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30	—	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31	—	90	—	151	—	212	243	—	304	—	365

註：如遇閏年須將 2 月 29 日以後的表中各數一律加 1。

譯者註：此表和我國天文年曆內日曆表中的'積日'相似，但我們的積日是由 1 月 1.0 日起算，故各數均比此表中相應各數少 1。

表 XXIV 每日 0时 的年分(以一年的千分之一為單位)

甲. 平年

日 \ 月	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	日
1	000	085	162	247	329	414	496	581	666	748	833	915	1
2	003	088	164	249	332	416	499	584	668	751	836	918	2
3	005	090	167	252	334	419	501	586	671	753	838	921	3
4	008	093	170	255	337	422	504	589	674	756	841	923	4
5	011	096	173	258	340	425	507	592	677	759	844	926	5
6	014	099	175	260	[illegible]	427	510	595	679	762	847	929	6
7	016	101	178	263	345	430	512	597	682	764	349	932	7
8	019	104	181	266	348	433	515	600	685	767	852	934	8
9	022	107	184	263	351	436	518	603	688	770	855	937	9
10	025	110	186	271	353	438	521	605	690	773	858	940	10
11	027	112	189	274	356	441	523	608	693	775	860	942	11
12	030	115	192	277	359	444	526	611	696	778	863	945	12
13	033	118	195	279	362	447	529	614	699	781	866	948	13
14	036	121	197	282	364	449	532	616	701	784	868	951	14
15	038	123	200	285	367	452	534	619	704	786	871	953	15
16	041	126	203	288	370	455	537	622	707	789	874	956	16
17	044	129	205	290	373	458	540	625	710	792	877	959	17
18	047	132	208	293	375	460	542	627	712	795	879	962	18
19	019	134	211	296	378	463	545	630	715	797	882	964	19
20	052	137	214	299	381	466	548	633	718	800	885	967	20
21	055	140	216	301	384	468	551	636	721	803	888	970	21
22	058	142	219	304	386	471	553	638	723	805	890	973	22
23	060	145	222	307	389	474	556	641	726	808	893	975	23
24	063	148	225	310	392	477	559	644	729	811	896	978	24
25	066	151	227	312	395	479	562	647	732	814	899	981	25
26	068	153	230	315	397	482	564	649	734	816	901	984	26
27	071	156	233	318	400	485	567	652	737	819	904	986	27
28	074	159	236	321	403	488	570	655	740	822	907	989	28
29	077	—	238	323	405	490	573	658	742	825	910	992	29
30	079	—	241	326	408	493	575	660	745	827	912	995	30
31	082	—	244	—	411	—	578	663	—	830	—	997	31

譯者註：此表和我國天文年曆內日曆表中的'年分'相似。

續表 XXIV

乙. 閏年

月 日	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	日
1	000	085	164	249	331	415	497	582	667	749	833	915	1
2	003	087	167	251	333	418	500	585	669	751	836	918	2
3	005	090	169	254	336	421	503	587	672	754	839	921	3
4	008	093	172	257	339	423	505	590	675	757	842	923	4
5	011	096	175	260	342	426	508	593	678	760	844	926	5
6	014	098	178	262	344	429	511	596	680	762	847	929	6
7	016	101	180	265	347	432	514	598	683	765	850	932	7
8	019	104	183	268	350	434	516	601	686	768	852	934	8
9	022	107	186	270	352	437	519	004	689	770	855	937	9
10	025	109	189	273	355	440	522	607	691	773	858	940	10
11	027	112	191	276	358	443	525	609	694	776	861	943	11
12	030	115	194	279	361	445	527	612	697	779	863	945	12
13	033	117	197	281	363	448	530	615	699	781	866	948	13
14	036	120	199	284	366	451	533	617	702	784	869	951	14
15	038	123	202	287	369	454	536	620	705	787	872	954	15
16	041	126	205	290	372	456	538	623	708	790	874	956	16
17	044	128	208	292	374	459	541	626	710	792	877	959	17
18	046	131	210	295	377	462	544	628	713	795	880	962	18
19	049	134	213	298	330	464	546	631	716	798	883	964	19
20	052	137	216	301	383	467	549	634	719	301	885	967	20
21	055	139	219	303	385	470	552	637	721	803	888	970	21
22	057	142	221	306	388	473	555	639	724	806	891	973	22
23	060	145	224	309	391	475	557	642	727	809	893	975	23
24	063	148	227	311	393	478	560	645	730	811	896	978	24
25	066	150	230	314	396	481	563	648	732	814	899	981	25
26	068	153	232	317	399	484	566	650	735	817	902	984	26
27	071	156	235	320	402	486	568	653	738	820	904	986	27
28	074	158	238	322	404	489	571	656	740	822	907	989	28
29	077	161	240	325	407	492	574	658	743	825	910	992	29
30	079	—	243	328	410	495	577	661	746	828	913	995	30
31	082	—	246	—	413	—	579	664	—	831	—	997	31

譯者註：此表和我國天文年曆內日曆表中的'年分'相似。

表 XXV 儒略日

自1900至1970年每月0日的儒略日。以格林尼治平午起計。

年	I 0	II 0	III 0	IV 0	V 0	VI 0	VII 0	VIII 0	IX 0	X 0	XI 0	XII 0
1900	2415 020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
1901	385	416	444	475	505	536	566	597	628	658	689	719
1902	750	781	809	840	870	901	931	962	993	*023	*054	*084
1903	2416 115	146	174	205	235	266	296	327	358	388	419	449
1904	480	511	540	571	601	632	662	693	724	754	785	815
1905	846	877	905	936	966	997	*027	*058	*089	*119	*150	*180
1906	2417 211	242	270	301	331	362	392	423	454	484	515	545
1907	576	607	635	666	696	727	757	788	819	849	880	910
1908	941	972	*001	*032	*062	*093	*123	*154	*185	*215	*246	*276
1909	2418 307	338	366	397	427	458	488	519	550	580	611	641
1910	672	703	731	762	792	823	853	884	915	945	976	*006
1911	2419 037	068	096	127	157	188	218	249	280	310	341	371
1912	402	433	462	493	523	554	584	615	646	676	707	737
1913	768	799	827	858	888	919	949	980	*011	*041	*072	*102
1914	2420 133	164	192	223	253	284	314	345	376	406	437	467
1915	498	529	557	588	618	649	679	710	741	771	802	832
1916	863	894	923	954	984	*015	*045	*076	*107	*137	*168	*198
1917	2421 229	260	288	319	349	380	410	441	472	502	533	563
1918	594	625	653	684	714	745	775	806	837	867	898	928
1919	959	990	*018	*049	*079	*110	*140	*171	*202	*232	*263	*293
1920	2422 324	355	384	415	445	476	506	537	568	598	629	659
1921	690	721	749	780	810	841	871	902	933	963	994	*024
1922	2423 055	086	114	145	175	206	236	267	298	328	359	389
1923	420	451	479	510	540	571	601	632	663	693	724	754
1924	785	816	845	876	906	937	967	998	*029	*059	*090	*120

續表 XXV

年	I 0	II 0	III 0	IV 0	V 0	VI 0	VII 0	VIII 0	IX 0	X 0	XI 0	XII 0
1925	2424 151	182	210	241	271	302	332	363	394	424	455	485
1926	516	547	575	606	636	667	697	728	759	789	820	850
1927	881	912	940	971	*001	*032	*062	*093	*124	*154	*185	*215
1928	2425 246	277	306	337	367	398	428	459	490	520	551	581
1929	612	643	671	702	732	763	793	824	855	885	916	946
1930	977	*008	*036	*067	*097	*128	*158	*189	*220	*250	*281	*311
1931	2426 342	373	401	432	462	493	523	554	585	615	646	676
1932	707	738	767	798	828	859	889	920	951	981	*012	*042
1933	2427 073	104	132	163	193	224	254	285	316	346	377	407
1934	438	469	497	528	558	589	619	650	681	711	742	772
1935	803	834	862	893	923	954	984	*015	*046	*076	*107	*137
1936	2428 168	199	228	259	289	320	350	381	412	442	473	503
1937	534	565	593	624	654	685	715	746	777	807	838	868
1938	899	930	958	989	*019	*050	*080	*111	*142	*172	*203	*233
1939	2429 264	295	323	354	384	415	445	476	507	537	568	598
1940	629	660	689	720	750	781	811	842	873	903	934	964
1941	995	*026	*054	*085	*115	*146	*176	*207	*238	*268	*299	*329
1942	2430 360	391	419	450	480	511	541	572	603	633	664	694
1943	725	756	784	815	845	876	906	937	968	998	*029	*059
1944	2431 090	121	150	181	211	242	272	303	334	364	395	425
1945	456	487	515	546	576	607	637	668	699	729	760	790
1946	821	852	880	911	941	972	*002	*033	*064	*094	*125	*155
1947	2432 186	217	245	276	306	337	367	398	429	459	490	520
1948	551	582	611	642	672	703	733	764	795	825	856	886
1949	917	948	976	*007	*037	*068	*098	*129	*160	*190	*221	*251

續表 XXV

年	I 0	II 0	III 0	IV 0	V 0	VI 0	VII 0	VIII 0	IX 0	X 0	XI 0	XII 0
1950	2433 282	313	341	372	402	433	463	494	525	555	586	616
1951	647	678	706	737	767	798	828	859	890	920	951	981
1952	2434 012	043	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
1953	378	409	437	468	498	529	559	590	621	651	682	712
1954	743	774	802	833	863	894	924	955	986	*016	*047	*077
1955	2435 108	139	167	198	228	259	289	320	351	381	412	442
1956	473	504	533	564	594	625	655	686	717	747	778	808
1957	839	870	898	929	959	990	*020	*051	*082	*112	*143	*173
1958	2436 204	235	263	294	324	355	385	416	447	477	508	538
1959	569	600	628	659	689	720	750	781	812	842	873	903
1960	934	965	994	*025	*055	*086	*116	*147	*178	*208	*239	*269
1961	2437 300	331	359	390	420	451	481	512	543	573	604	634
1962	665	696	724	755	785	816	846	877	908	938	969	999
1963	2438 030	061	089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
1964	395	426	455	486	516	547	577	608	639	669	700	730
1965	761	792	820	851	881	912	942	973	*004	*034	*065	*095
1966	2439 126	157	185	216	246	277	307	338	369	399	430	460
1967	491	522	550	581	611	642	672	703	734	764	795	825
1968	856	887	916	947	977	*008	*038	*069	*100	*130	*161	*191
1969	2440 222	253	281	312	342	373	403	434	465	495	526	556
1970	587	618	646	677	707	738	768	799	830	860	891	921

分	0時	1時	2時	3時	4時	5時
0	0日.0000	0日.0417	0日.0833	0日.1250	0日.1667	0日.2083
1	0007	0424	0840	1257	1674	2090
2	0014	0431	0847	1264	1681	2097
3	0021	0438	0854	1271	1688	2104
4	0028	0444	0861	1278	1694	2111
5	0 .0035	0 .0451	0 .0868	0 .1285	0 .1701	0 .2118
6	0042	0458	0875	1292	1708	2125
7	0049	0465	0882	1299	1715	2132
8	0056	0472	0889	1306	1722	2139
9	0062	0479	0896	1312	1729	2146
10	0 .0069	0 .0486	0 .0903	0 .1319	0 .1736	0 .2153
11	0076	0493	0910	1326	1743	2160
12	0083	0500	0917	1333	1750	2167
13	0090	0507	0924	1340	1757	2174
14	0097	0514	0931	1347	1764	2181
15	0 .0104	0 .0521	0 .0938	0 .1354	0 .1771	0 .2188
16	0111	0528	0944	1361	1778	2194
17	0118	0535	0951	1368	1785	2201
18	0125	0542	0958	1375	1792	2208
19	0132	0549	0965	1382	1799	2215
20	0 .0139	0 .0556	0 .0972	0 .1389	0 .1806	0 .2222
21	0146	0562	0979	1396	1812	2229
22	0153	0569	0986	1403	1819	2236
23	0160	0576	0993	1410	1826	2243
24	0167	0583	1000	1417	1833	2250
25	0 .0174	0 .0590	0 .1007	0 .1424	0 .1840	0 .2257
26	0181	0597	1014	1431	1847	2264
27	0188	0604	1021	1438	1854	2271
28	0194	0611	1028	1444	1861	2278
29	0201	0618	1035	1451	1868	2285
30	0 .0208	0 .0625	0 .1042	0 .1458	0 .1875	0 .2292
31	0215	0632	1049	1465	1882	2299
32	0222	0639	1056	1472	1889	2306
33	0229	0646	1062	1479	1896	2312
34	0236	0653	1069	1486	1903	2319
35	0 .0243	0 .0660	0 .1076	0 .1493	0 .1910	0 .2326
36	0250	0667	1083	1500	1917	2333
37	0257	0674	1090	1507	1924	2340
38	0264	0681	1097	1514	1931	2347
39	0271	0688	1104	1521	1938	2354
40	0 .0278	0 .0694	0 .1111	0 .1528	0 .1944	0 .2361
41	0285	0701	1118	1535	1951	2368
42	0292	0708	1125	1542	1958	2375
43	0299	0715	1132	1549	1965	2382
44	0306	0722	1139	1556	1972	2389
45	0 .0312	0 .0729	0 .1146	0 .1562	0 .1979	0 .2396
46	0319	0736	1153	1570	1986	2403
47	0326	0743	1160	1576	1993	2410
48	0333	0750	1167	1583	2000	2417
49	0340	0757	1174	1590	2007	2424
50	0 .0347	0 .0764	0 .1181	0 .1597	0 .2014	0 .2431
51	0354	0771	1188	1604	2021	2438
52	0361	0778	1194	1611	2028	2444
53	0368	0785	1201	1618	2035	2451
54	0375	0792	1208	1625	2042	2458
55	0 .0382	0 .0799	0 .1215	0 .1632	0 .2049	0 .2465
56	0389	0806	1222	1639	2056	2472
57	0396	0812	1229	1646	2062	2479
58	0403	0819	1236	1653	2069	2486
59	0 .0410	0 .0826	0 .1243	0 .1660	0 .2076	0 .2493
60	0 .0417	0 .0833	0 .1250	0 .1667	0 .2083	0 .2500

分為日的小數用表

分	6時	7時	8時	9時	10時	11時
0	0.2500	0.2917	0.3333	0.3750	0.4167	0.4583
1	2507	2924	3340	3757	4174	4590
2	2514	2931	3347	3764	4181	4597
3	2521	2938	3354	3771	4188	4604
4	2528	2944	3361	3778	4194	4611
5	0.2535	0.2951	0.3368	0.3785	0.4201	0.4618
6	2542	2958	3375	3792	4208	4625
7	2549	2965	3382	3799	4215	4632
8	2556	2972	3389	3806	4222	4639
9	2562	2979	3396	3812	4229	4646
10	0.2569	0.2986	0.3403	0.3819	0.4236	0.4653
11	2576	2993	3410	3826	4243	4660
12	2583	3000	3417	3833	4250	4667
13	2590	3007	3424	3840	4257	4674
14	2597	3014	3431	3847	4264	4681
15	0.2604	0.3021	0.3438	0.3854	0.4271	0.4688
16	2611	3028	3444	3861	4278	4694
17	2618	3035	3451	3868	4285	4701
18	2625	3042	3458	3875	4292	4708
19	2632	3049	3465	3882	4299	4715
20	0.2639	0.3056	0.3472	0.3889	0.4306	0.4722
21	2646	3062	3479	3896	4312	4729
22	2653	3069	3486	3903	4319	4736
23	2660	3076	3493	3910	4326	4743
24	2667	3083	3500	3917	4333	4750
25	0.2674	0.3090	0.3507	0.3924	0.4340	0.4757
26	2681	3097	3514	3931	4347	4764
27	2688	3104	3521	3937	4354	4771
28	2694	3111	3528	3944	4361	4778
29	2701	3118	3535	3951	4368	4785
30	0.2708	0.3125	0.3542	0.3958	0.4375	0.4792
31	2715	3132	3549	3965	4382	4799
32	2722	3139	3556	3972	4389	4806
33	2729	3146	3562	3979	4396	4812
34	2736	3153	3569	3986	4403	4819
35	0.2743	0.3160	0.3576	0.3993	0.4410	0.4826
36	2750	3167	3583	4000	4417	4833
37	2757	3174	3590	4007	4424	4840
38	2764	3181	3597	4014	4431	4847
39	2771	3188	3604	4021	4438	4854
40	0.2778	0.3194	0.3611	0.4028	0.4444	0.4861
41	2785	3201	3618	4035	4451	4868
42	2792	3208	3625	4042	4458	4875
43	2799	3215	3632	4049	4465	4882
44	2806	3222	3639	4056	4472	4889
45	0.2812	0.3229	0.3646	0.4062	0.4479	0.4896
46	2819	3236	3653	4069	4486	4903
47	2826	3243	3660	4076	4493	4910
48	2833	3250	3667	4083	4500	4917
49	2840	3257	3674	4090	4507	4924
50	0.2847	0.3264	0.3681	0.4097	0.4514	0.4931
51	2854	3271	3688	4104	4521	4938
52	2861	3278	3694	4111	4528	4944
53	2868	3285	3701	4118	4535	4951
54	2875	3292	3708	4125	4542	4958
55	0.2882	0.3299	0.3715	0.4132	0.4549	0.4965
56	2889	3306	3722	4139	4556	4972
57	2896	3312	3729	4146	4562	4979
58	2903	3319	3736	4153	4569	4986
59	0.2910	0.3326	0.3743	0.4160	0.4576	0.4993
60	0.2917	0.3333	0.3750	0.4167	0.4583	0.5000

表 XXVII 化日的小數爲時數用表

日的小數	時數	日的小數	時數	日的小數	時數	日的小數	時數	日的小數	時數
日 0.01	時 0.24	日 0.21	時 5.04	日 0.41	時 9.84	日 0.61	時 14.64	日 0.81	時 19.44
0.02	0.48	0.22	5.28	0.42	10.08	0.62	14.88	0.82	19.68
0.03	0.72	0.23	5.52	0.43	10.32	0.63	15.12	0.83	19.92
0.04	0.96	0.24	5.76	0.44	10.56	0.64	15.36	0.84	20.16
0.05	1.20	0.25	6.00	0.45	10.80	0.65	15.60	0.85	20.40
0.06	1.44	0.26	6.24	0.46	11.04	0.66	15.84	0.86	20.64
0.07	1.68	0.27	6.48	0.47	11.28	0.67	16.08	0.87	20.88
0.08	1.92	0.28	6.72	0.48	11.52	0.68	16.32	0.88	21.12
0.09	2.16	0.29	6.96	0.49	11.76	0.69	16.36	0.89	21.36
0.10	2.40	0.30	7.20	0.50	12.00	0.70	16.80	0.90	21.60
0.11	2.64	0.31	7.44	0.51	12.24	0.71	17.04	0.91	21.84
0.12	2.88	0.32	7.68	0.52	12.48	0.72	17.28	0.92	22.08
0.13	3.12	0.33	7.92	0.53	12.72	0.73	17.52	0.93	22.32
0.14	3.36	0.34	8.16	0.54	12.96	0.74	17.76	0.94	22.56
0.15	3.60	0.35	8.40	0.55	13.20	0.75	18.00	0.95	22.80
0.16	3.84	0.36	8.64	0.56	13.44	0.76	18.24	0.96	23.04
0.17	4.08	0.37	8.88	0.57	13.68	0.77	18.48	0.97	23.28
0.18	4.32	0.38	9.12	0.58	13.92	0.78	18.72	0.98	23.52
0.19	4.56	0.39	9.36	0.59	14.16	0.79	18.96	0.99	23.76
0.20	4.80	0.40	9.60	0.60	14.40	0.80	19.20	1.00	24.00

表 XXVIII 化時間單位爲弧度單位用表

化時爲度		化時分爲度和弧分						化時秒爲弧分和弧秒					
時	°	分	°	′	分	°	′	秒	′	″	秒	′	″
1	15	1	0	15	31	7	45	1	0	15	31	7	45
2	30	2	0	30	32	8	0	2	0	30	32	8	0
3	45	3	0	45	33	8	15	3	0	45	33	8	15
4	60	4	1	0	34	8	30	4	1	0	34	8	30
5	75	5	1	15	35	8	45	5	1	15	35	8	45
6	90	6	1	30	36	9	0	6	1	30	36	9	0
7	105	7	1	45	37	9	15	7	1	45	37	9	15
8	120	8	2	0	38	9	30	8	2	0	38	9	30
9	135	9	2	15	39	9	45	9	2	15	39	9	45
10	150	10	2	30	40	10	0	10	2	30	40	10	0
11	165	11	2	45	41	10	15	11	2	45	41	10	15
12	180	12	3	0	42	10	30	12	3	0	42	10	30
13	195	13	3	15	43	10	45	13	3	15	43	10	45
14	210	14	3	30	44	11	0	14	3	30	44	11	0
15	225	15	3	45	45	11	15	15	3	45	45	11	15
16	240	16	4	0	46	11	30	16	4	0	46	11	30
17	255	17	4	15	47	11	45	17	4	15	47	11	45
18	270	18	4	30	48	12	0	18	4	30	48	12	0
19	285	19	4	45	49	12	15	19	4	45	49	12	15
20	300	20	5	0	50	12	30	20	5	0	50	12	30
21	315	21	5	15	51	12	45	21	5	15	51	12	45
22	330	22	5	30	52	13	0	22	5	30	52	13	0
23	345	23	5	45	53	13	15	23	5	45	53	13	15
24	360	24	6	0	54	13	30	24	6	0	54	13	30
		25	6	15	55	13	45	25	6	15	55	13	45
		26	6	30	56	14	0	26	6	30	56	14	0
		27	6	45	57	14	15	27	6	45	57	14	15
		28	7	0	58	14	30	28	7	0	58	14	30
		29	7	15	59	14	45	29	7	15	59	14	45
		30	7	30	60	15	0	30	7	30	60	15	0

表 XXIX 化弧度單位爲時間單位用表

化度爲時和時分				化弧分爲時分秒				化弧秒爲時秒			
°	時 分	°	時 分	′	分 秒	′	分 秒	″	秒	″	秒
1	0 4	120	8 0	1	0 4	31	2 4	1	0,07	31	2,07
2	0 8	130	8 40	2	0 8	32	2 8	2	0,13	32	2,13
3	0 12	140	9 20	3	0 12	33	2 12	3	0,20	33	2,20
4	0 16	150	10 0	4	0 16	34	2 16	4	0,27	34	2,27
5	0 20	160	10 40	5	0 20	35	2 20	5	0.33	35	2,33
6	0 24	170	11 20	6	0 24	36	2 24	6	0.40	36	2,40
7	0 28	180	12 0	7	0 28	37	2 28	7	0,47	37	2,47
8	0 32	190	12 40	8	0 32	38	2 32	8	0,53	38	2,53
9	0 36	200	13 20	9	0 36	39	2 36	9	0,60	39	2,60
10	0 40	210	14 0	10	0 40	40	2 40	10	0,67	40	2,67
11	0 44	220	14 40	11	0 44	41	2 44	11	0,73	41	2,73
12	0 48	230	15 20	12	0 48	42	2 48	12	0,80	42	2,80
13	0 52	240	16 0	13	0 52	43	2 52	13	0,87	43	2,87
14	0 56	250	16 40	14	0 56	44	2 56	14	0,93	44	2,93
15	1 0	260	17 20	15	1 0	45	3 0	15	1.00	45	3,00
16	1 4	270	18 0	16	1 4	46	3 4	16	1,07	46	3,07
17	1 8	280	18 40	17	1 8	47	3 8	17	1,13	47	3,13
18	1 12	290	19 20	18	1 12	48	3 12	18	1,20	48	3,20
19	1 16	300	20 0	19	1 16	49	3 16	19	1,27	49	3,27
		310	20 40	20	1 20	50	3 20	20	1,33	50	3,33
20	1 20	320	21 20	21	1 24	51	3 24	21	1,40	51	3,40
30	2 0	330	22 0	22	1 28	52	3 28	22	1,47	52	3,47
40	2 40	340	22 40	23	1 32	53	3 32	23	1,53	53	3,33
50	3 20	350	23 20	24	1 36	54	3 36	24	1,60	54	3,60
60	4 0	360	24 0	25	1 40	55	3 40	25	1,67	55	3,67
70	4 40			26	1 44	56	3 44	26	1,73	56	3,73
80	5 20			27	1 48	57	3 48	27	1,80	57	3,80
90	6 0			28	1 52	58	3 52	28	1,87	58	3,87
100	6 40			29	1 56	59	3 56	29	1,93	59	3,93
110	7 20			30	2 0	60	4 0	30	2,00	60	4,00

表 XXX　化弧分秒(或時分秒)爲度(或時)的小數用表

′(分)	°(時)	′(分)	°(時)	′(分)	°(時)
1	0.016667	21	0.350000	41	0.683333
2	0.033333	22	0.366667	42	0.700000
3	0.050000	23	0.383333	43	0.716667
4	0.066667	24	0.400000	44	0.733333
5	0.083333	25	0.416667	45	0.750000
6	0.100000	26	0.433333	46	0.766667
7	0.116667	27	0.450000	47	0.783333
8	0.133333	28	0.466667	48	0.800000
9	0.150000	29	0.483333	49	0.816667
10	0.166667	30	0.500000	50	0.833333
11	0.183333	31	0.516667	51	0.850000
12	0.200000	32	0.533333	52	0.866667
13	0.216667	33	0.550000	53	0.883333
14	0.233333	34	0.566667	54	0.900000
15	0.250000	35	0.583333	55	0.916667
16	0.266667	36	0.600000	56	0.933333
17	0.283333	37	0.616667	57	0.950000
18	0.300000	38	0.633333	58	0.966667
19	0.316667	39	0.650000	59	0.983333
20	0.333333	40	0.666667	60	1.000000

″(秒)	°(時)	″(秒)	°(時)	″(秒)	°(時)
1	0.000278	21	0.005833	41	0.011389
2	0.000556	22	0.006111	42	0.011667
3	0.000833	23	0.006389	43	0.011944
4	0.001111	24	0.006667	44	0.012222
5	0.001389	25	0.006944	45	0.012500
6	0.001667	26	0.007222	46	0.012778
7	0.001944	27	0.007500	47	0.013056
8	0.002222	28	0.007778	48	0.013333
9	0.002500	29	0.008056	49	0.013611
10	0.002778	30	0.008333	50	0.013889
11	0.003056	31	0.008611	51	0.014167
12	0.003333	32	0.008889	52	0.014444
13	0.003611	33	0.009167	53	0.014722
14	0.003889	34	0.009444	54	0.015000
15	0.004167	35	0.009722	55	0.015278
16	0.004444	36	0.010000	56	0.015556
17	0.004722	37	0.010278	57	0.015833
18	0.005000	38	0.010556	58	0.016111
19	0.005278	39	0.010833	59	0.016389
20	0.005556	40	0.011112	60	0.016667

續表 XXX

″(秒)	°(時)	″(秒)	°(時)
0.1	0.000028	0.01	0.000003
0.2	0.000056	0.02	0.000006
0.3	0.000083	0.03	0.000008
0.4	0.000111	0.04	0.000011
0.5	0.000139	0.05	0.000014
0.6	0.000167	0.06	0.000017
0.7	0.000194	0.07	0.000019
0.8	0.000222	0.08	0.000022
0.9	0.000250	0.09	0.000025
1.0	0.000278	0.10	0.000028

表 XXXI 化度(或時)的小數爲弧分秒(或時分秒)用表

° (時)	′ (分)	° (時)	′ (分)	″ (秒)	° (時)	″ (秒)	° (時)	″ (秒)	° (時)	″ (秒)
0.1	6	0.01	0	36	0.001	3.6	0.0001	0.36	0.00001	0.04
0.2	12	0.02	1	12	0.002	7.2	0.0002	0.72	0.00002	0.07
0.3	18	0.03	1	48	0.003	10.8	0.0003	1.08	0.00003	0.11
0.4	24	0.04	2	24	0.004	14.4	0.0004	1.44	0.00004	0.14
0.5	30	0.05	3	00	0.005	18.0	0.0005	1.80	0.00005	0.18
0.6	36	0.06	3	36	0.006	21.6	0.0006	2.16	0.00006	0.22
0.7	42	0.07	4	12	0.007	25.2	0.0007	2.52	0.00007	0.25
0.8	48	0.08	4	48	0.008	28.8	0.0008	2.88	0.00008	0.29
0.9	54	0.09	5	24	0.009	32.4	0.0009	3.24	0.00009	0.32

表 XXXII 化平太陽時爲恆星時用表

平太陽時的時，分或秒	恆星時的時數	恆星時的分數	恆星時的秒數	平太陽時的分或秒	恆星時的分數	恆星時的秒數
1	1時 0分 9秒.86	1分 0秒.16	1秒.00	31	31分 5秒.09	31秒.08
2	2 0 19.71	2 0.33	2.01	32	32 5.26	32.09
3	3 0 29.57	3 0.49	3.01	33	33 5.42	33.09
4	4 0 39.43	4 0.66	4.01	34	34 5.59	34.09
5	5 0 49.28	5 0.82	5.01	35	35 5.75	35.10
6	6 0 59.14	6 0.99	6.02	36	36 5.91	36.10
7	7 1 9.00	7 1.15	7.02	37	37 6.08	37.10
8	8 1 18.85	8 1.31	8.02	38	38 6.24	38.10
9	9 1 28.71	9 1.48	9.02	39	39 6.41	39.11
10	10 1 38.56	10 1.64	10.03	40	40 6.57	40.11
11	11 1 48.42	11 1.81	11.03	41	41 6.74	41.11
12	12 1 58.28	12 1.97	12.03	42	42 6.90	42.11
13	13 2 8.13	13 2.14	13.04	43	43 7.06	43.12
14	14 2 17.99	14 2.30	14.04	44	44 7.23	44.12
15	15 2 27.85	15 2.46	15.04	45	45 7.39	45.12
16	16 2 37.70	16 2.63	16.04	46	46 7.56	46.13
17	17 2 47.56	17 2.79	17.05	47	47 7.72	47.13
18	18 2 57.42	18 2.96	18.05	48	48 7.89	48.13
19	19 3 7.27	19 3.12	19.05	49	49 8.05	49.13
20	20 3 17.13	20 3.29	20.05	50	50 8.21	50.14
21	21 3 26.99	21 3.45	21.06	51	51 8.38	51.14
22	22 3 36.84	22 3.61	22.06	52	52 8.54	52.14
23	23 3 46.70	23 3.78	23.06	53	53 8.71	53.15
24	24 3 56.56	24 3.94	24.07	54	54 8.87	54.15
25		25 4.11	25.07	55	55 9.04	55.15
26		26 4.27	26.07	56	56 9.20	56.15
27		27 4.44	27.07	57	57 9.36	57.16
28		28 4.60	28.08	58	58 9.53	58.16
29		29 4.76	29.08	59	59 9.69	59.16
30		30 4.93	30.08	60	60 9.86	60.16

表 XXXIII 化恆星時爲平太陽時用表

恆星時的時，分或秒	平太陽時的時數	平太陽時的分數	平太陽時的秒數	恆星時的分或秒	平太陽時的分數	平太陽時的秒數
1	0時 59分 50秒.17	0分 59秒.84	1秒.00	31	30分 54秒.92	30秒.92
2	1 59 40.34	1 59.67	1.99	32	31 54.76	31.91
3	2 59 30.51	2 59.51	2.99	33	32 54.59	32.91
4	3 59 20.68	3 59.34	3.99	34	33 54.43	33.91
5	4 59 10.85	4 59.18	4.99	35	34 54.27	34.90
6	5 59 1.02	5 59.02	5.98	36	35 54.10	35.90
7	6 58 51.19	6 58.85	6.98	37	36 53.94	36.90
8	7 58 41.36	7 58.69	7.98	38	37 53.77	37.90
9	8 58 31.53	8 58.53	8.98	39	38 53.61	38.89
10	9 58 21.70	9 58.36	9.97	40	39 53.45	39.89
11	10 58 11.87	10 58.20	10.97	41	40 53.28	40.89
12	11 58 2.05	11 58.03	11.97	42	41 53.12	41.89
13	12 57 52.22	12 57.87	12.96	43	42 52.96	42.88
14	13 57 42.39	13 57.71	13.96	44	43 52.79	43.88
15	14 57 32.56	14 57.54	14.96	45	44 52.63	44.88
16	15 57 22.73	15 57.38	15.96	46	45 52.46	45.87
17	16 57 12.90	16 57.21	16.95	47	46 52.30	46.87
18	17 57 3.07	17 57.05	17.95	48	47 52.14	47.87
19	18 56 53.24	18 56.89	18.95	49	48 51.97	48.87
20	19 56 43.41	19 56.72	19.95	50	49 51.81	49.86
21	20 56 33.58	20 56.56	20.94	51	50 51.64	50.86
22	21 56 23.75	21 56.40	21.94	52	51 51.48	51.86
23	22 56 13.92	22 56.23	22.94	53	52 51.32	52.86
24	23 56 4.09	23 56.07	23.93	54	53 51.15	53.85
25		24 55.90	24.93	55	54 50.99	54.85
26		25 55.74	25.93	56	55 50.83	55.85
27		26 55.58	26.93	57	56 50.66	56.84
28		27 55.41	27.92	58	57 50.50	57.84
29		28 55.26	28.92	59	58 50.33	58.84
30		29 55.09	29.92	60	59 50.17	59.84

表 XXXIV 不同經度的恆星時改正量

(供將格林尼治平子夜的恆星時化爲其他經度平子夜的恆星時之用)

距格林尼治的東經	改正量	距格林尼治的東經	改正量	距格林尼治的東經	改正量
0時00分	0分 0秒.00	4時00分	−0分 39秒.43	8時00分	−1分 18秒.85
10	−0 1.64	10	−0 41.07	10	−1 20.50
20	−0 3.29	20	−0 42.71	20	−1 22.14
30	−0 4.93	30	−0 44.35	30	−1 23.78
40	−0 6.57	40	−0 46.00	40	−1 25.42
50	−0 8.21	50	−0 47.64	50	−1 27.07
1 00	−0 9.86	5 00	−0 49.28	9 00	−1 28.71
10	−0 11.50	10	−0 50.93	10	−1 30.35
20	−0 13.41	20	−0 52.57	20	−1 31.90
30	−0 14.79	30	−0 54.21	30	−1 33.64
40	−0 16.43	40	−0 55.85	40	−1 35.28
50	−0 18.07	50	−0 57.50	50	−1 36.92
2 00	−0 19.71	6 00	−0 59.14	10 00	−1 38.57
10	−0 21.36	10	−1 0.78	10	−1 40.21
20	−0 23.00	20	−1 2.42	20	−1 41.85
30	−0 24.64	30	−1 4.07	30	−1 43.49
40	−0 26.28	40	−1 5.71	40	−1 45.14
50	−0 27.93	50	−1 7.35	50	−1 46.61
3 00	−0 29.57	7 00	−1 9.00	11 00	−1 48.42
10	−0 31.21	10	−1 10.64	10	−1 50.06
20	−0 32.86	20	−1 12.28	20	−1 51.71
30	−0 34.50	30	−1 13.92	30	−1 53.35
40	−0 36.14	40	−1 15.57	40	−1 54.99
50	−0 37.78	50	−1 17.21	50	−1 56.64
4 00	−0 39.43	8 00	−1 18.85	12 00	−1 58.28

表 XXXV 地球大氣中光的吸收

視天頂距	$F(z)$	可見光線的吸收量	攝影光線的吸收量	視天頂距	$F(z)$	可見光線的吸收量	攝影光線的吸收量
		m	m	°		m	m
0°	1.00	0.00	0.00	80.0	5.60	0.90	1.81
10	1.02	0.00	0.01	80.5	5.87	0.95	1.92
20	1.06	0.01	0.03	81.0	6.18	1.01	2.03
30	1.15	0.03	0.06	81.2	6.31	1.04	2.08
40	1.30	0.06	0.12	81.4	6.44	1.07	2.14
45	1.41	0.08	0.17	81.6	6.58	1.09	2.19
50	1.55	0.11	0.22	81.8	6.73	1.12	2.24
55	1.74	0.14	0.30	82.0	6.88	1.15	2.30
60	2.00	0.20	0.40	82.2	7.04	1.18	2.36
62	2.12	0.22	0.45	82.4	7.21	1.22	2.42
64	2.27	0.25	0.51	82.6	7.39	1.25	2.49
66	2.45	0.28	0.58	82.8	7.57	1.29	2.55
68	2.65	0.32	0.66	83.0	7.77	1.32	2.63
70	2.90	0.37	0.76	83.2	7.97	1.36	2.71
71	3.05	0.40	0.82	83.4	8.19	1.41	2.79
72	3.21	0.43	0.88	83.6	8.41	1.45	2.87
73	3.39	0.47	0.95	83.8	8.65	1.50	2.95
74	3.59	0.51	1.03	84.0	8.90	1.55	3.05
75	3.82	0.55	1.12	84.2	9.17	1.60	(3.15)
76	4.08	0.60	1.22	84.4	9.45	1.65	(3.24)
77	4.37	0.66	1.34	84.6	9.74	1.71	(3.36)
78	4.72	0.73	1.47	84.8	10.06	1.77	(3.48)
79	5.12	0.81	1.63	85.0	10.40	1.84	(3.62)

可見光線的吸收量是根據別波拉 (Бемпорад) 的數據並以透明係數 $p=0.835$。表中數據是 $t=0°$ 和 $p=760$ 毫米的條件下計算出的，若壓力爲 B 毫米，則應將表中吸收量乘以 B 毫米/760 毫米。

攝影光線的吸收量是根據維爾茨 (Вирц) 的數據，其他條件與上同。

用下式可計算出不同 p 值的吸收量：

$$m_z - m_0 = -2.5\log p[F(z)-1],$$

式中 $F(z)$—光線通過的空氣質量，以天頂方向的空氣質量單位表示。

表 XXXVI 平均蒙氣差表

(氣溫 +10°C 和氣壓 760 毫米)

z	R
0°	0'00"
1	1
2	2
3	3
4	4
5	0 05
6	6
7	7
8	8
9	9
10	0 10
11	11
12	12
13	13
14	15
15	0 16
16	17
17	18
18	19
19	20
20	0 21
21	22
22	24
23	25
24	26
25	0 27
26	28
27	30
28	31
29	32
30	0 34
31	35
32	36
33	38
34	39
35	0 41

z	R
35°	0'41"
36	42
37	44
38	45
39	47
40	0 49
41	51
42	52
43	54
44	56
45	0 58
46	1 00
47	2
48	5
49	7
50	1 9
51	12
52	14
53	17
54	20
55	1 23
56	26
57	29
58	33
59	37
60	1 41
61	45
62	49
63	54
64	1 59
65.0	2 4
65.5	7
66.0	10
66.5	13
67.0	16
67.5	20
68.0	2 23

z	R
68° 0'	2'23"
20	26
40	28
69 0	31
20	33
40	36
70 0	2 39
20	42
40	45
71 0	48
20	51
40	54
72 0	2 57
20	3 1
40	4
73 0	8
20	12
40	16
74 0	3 20
20	25
40	29
75 0	34
20	39
40	44
76 0	3 49
20	55
40	4 1
77 0	4 7
20	13
40	20
78 0	4 27
20	35
40	43
79 0	51
20	5 00
40	9
80 0	5 19

z	R
80° 0'	5'19"
10	5 24
20	5 29
30	5 35
40	5 41
50	5 46
81 0	5 52
10	5 59
20	6 5
30	6 12
40	6 19
50	6 26
82 0	6 33
10	6 41
20	6 49
30	6 57
40	7 5
50	7 14
83 0	7 24
10	7 33
20	7 43
30	7 54
40	8 5
50	8 16
84 0	8 28
10	8 40
20	8 53
30	9 7
40	9 21
50	9 36
85 0	9 52
10	10 8
20	10 26
30	10 45
40	11 4
50	11 24
86 0	11 45

z	R
86° 0	11'45"
10	12 7
20	12 30
30	12 55
40	13 22
50	13 51
87 0	14 22
10	14 55
20	15 31
30	16 9
40	16 49
50	17 32
88 0	18 18
10	19 8
20	20 2
30	21 1
40	22 7
50	23 19
89 0	24 37
10	26 3
20	27 36
30	29 18
40	31 9
50	33 11
90 0	35 24

表 XXXVII 甲　周年赤經歲差（P_α）表

北赤緯 α		+80°	+75°	+70°	+65°	+60°	+55°	+50°	+45°	+40°	+35°	+30°	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	0°	δ / α	
時 分	時 分	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	時 分	時 分
0 00	12 00	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	12 00	24 00
0 20	11 40	3.73	3.50	3.39	3.32	3.27	3.25	3.21	3.19	3.17	3.15	3.14	3.12	3.11	3.10	3.09	3.08	3.07	12 20	23 40
0 40	11 20	4.39	3.94	3.71	3.57	3.47	3.40	3.35	3.30	3.26	3.20	3.18	3.15	3.13	3.12	3.10	3.09	3.07	12 40	23 20
1 00	11 00	5.03	4.96	4.02	3.81	3.67	3.56	3.48	3.42	3.36	3.31	3.27	3.23	3.20	3.16	3.13	3.10	3.07	13 00	23 00
1 20	10 40	6.66	4.78	4.33	4.05	3.86	3.72	3.62	3.53	3.45	3.39	3.33	3.28	3.24	3.19	3.15	3.11	3.07	13 20	22 40
1 40	10 20	6.27	5.18	4.62	4.28	4.05	3.88	3.74	3.64	3.54	3.46	3.40	3.34	3.28	3.22	3.17	3.12	3.07	13 40	22 20
2 00	10 00	6.86	5.56	4.91	4.50	4.23	4.02	3.87	3.74	3.63	3.54	3.46	3.38	3.31	3.25	3.19	3.13	3.07	14 00	22 00
2 20	9 40	7.42	5.93	5.18	4.71	4.40	4.17	3.98	3.84	3.71	3.61	3.51	3.43	3.85	3.28	3.21	3.14	3.07	14 20	21 40
2 40	9 20	7.95	6.28	5.43	4.91	4.56	4.30	4.09	3.93	3.79	3.67	3.57	3.47	3.38	3.30	3.22	3.15	3.07	14 40	21 20
3 00	9 00	8.43	6.60	5.67	5.10	4.71	4.42	4.20	4.01	3.86	3.74	3.62	3.51	3.41	3.32	3.24	3.15	3.07	15 00	21 00
3 20	8 40	8.60	6.89	5.88	5.27	4.84	4.53	4.29	4.09	3.93	3.79	3.66	3.35	3.44	3.34	3.25	3.16	3.07	15 20	20 40
3 40	8 20	9.28	7.16	6.08	5.42	4.97	4.63	4.38	4.16	3.99	3.84	3.70	3.58	3.47	3.36	3.26	3.17	3.07	15 40	20 20
4 00	8 00	9.64	7.39	6.25	5.55	5.07	4.72	4.45	4.23	4.04	3.88	3.74	3.61	3.49	3.38	3.27	3.17	3.07	16 00	20 00
4 20	7 40	9.94	7.59	6.40	5.67	5.17	4.80	4.51	4.28	4.09	3.92	3.77	3.64	3.51	3.39	3.28	3.18	3.07	16 20	19 40
4 40	7 20	10.19	7.76	6.52	5.76	5.25	4.86	4.57	4.32	4.12	3.95	3.80	3.66	3.53	3.41	3.29	3.18	3.07	16 40	19 20
5 00	7 00	10.39	7.89	6.62	5.84	5.31	4.91	4.61	4.36	4.15	3.98	3.82	3.67	3.54	3.42	3.30	3.18	3.07	17 00	19 00
5 20	6 40	10.54	7.98	6.69	5.89	5.35	4.95	4.64	4.39	4.18	4.00	3.83	3.68	3.55	3.42	3.30	3.19	3.07	17 20	18 40
5 40	6 20	10.62	8.04	6.73	5.93	5.38	4.97	4.66	4.40	4.19	4.00	3.84	3.69	3.56	3.43	3.30	3.19	3.07	17 40	18 20
6 00	6 00	10.65	8.06	6.74	5.94	5.30	4.98	4.66	4.41	4.19	4.00	3.84	3.69	3.56	3.43	3.31	3.19	3.07	18 00	18 00
α / δ		−80°	−75°	−70°	−65°	−60°	−55°	−50°	−45°	−40°	−35°	−30°	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	南赤緯	

续表 XXXVII 甲 P_2

北赤緯 α		+80°	+75°	+70°	+65°	+60°	+55°	+50°	+45°	+40°	+35°	+30°	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	0°	δ α	
時 分	時 分	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	時 分	時 分
12 00	24 00	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	0 00	12 00
12 20	23 40	2.41	2.64	2.75	2.82	2.87	2.90	2.93	2.95	2.97	2.99	3.00	3.02	3.03	3.04	3.05	3.06	3.07	0 20	11 40
12 40	23 20	1.75	2.20	2.43	2.57	2.67	2.74	2.79	2.84	2.88	2.91	2.94	2.96	2.99	3.01	3.03	3.05	3.07	0 40	11 20
13 00	23 00	1.11	1.78	2.12	2.33	2.47	2.58	2.66	2.72	2.78	2.83	2.87	2.91	2.94	2.98	3.01	3.04	3.07	1 00	11 00
13 20	22 40	0.48	1.36	1.81	2.09	2.27	2.42	2.52	2.61	2.69	2.75	2.81	2.86	2.90	2.95	2.99	3.03	3.07	1 20	10 40
13 40	22 20	**0.13**	0.96	1.52	1.86	2.09	2.26	2.40	2.50	2.60	2.67	2.74	2.80	2.86	2.92	2.97	3.02	3.07	1 40	10 20
14 00	22 00	**0.72**	0.58	1.23	1.64	1.91	2.12	2.27	2.40	2.51	2.60	2.68	2.76	2.83	2.89	2.95	3.01	3.07	2 00	10 00
14 20	21 40	**1.28**	0.21	0.96	1.43	1.74	1.97	2.16	2.30	2.43	2.53	2.63	2.71	2.79	2.86	2.93	3.00	3.07	2 20	9 40
14 40	21 20	**1.81**	**0.14**	0.71	1.23	1.58	1.84	2.05	2.21	2.35	2.47	2.57	2.67	2.76	2.84	2.92	2.99	3.07	2 40	9 20
15 00	21 00	**2.29**	**0.46**	0.47	1.04	1.43	1.72	1.94	2.13	2.28	2.40	2.52	2.63	2.73	2.82	2.90	2.99	3.07	3 00	9 00
15 20	20 40	**2.74**	**0.75**	0.26	0.87	1.30	1.61	1.85	2.05	2.21	2.35	2.48	2.59	2.70	2.80	2.89	2.98	3.07	3 20	8 40
15 40	20 20	**3.14**	**1.02**	0.06	0.72	1.17	1.51	1.76	1.98	2.15	2.30	2.44	2.56	2.67	2.78	2.88	2.97	3.07	3 40	8 20
16 00	20 00	**3.50**	**1.25**	**0.11**	0.59	1.07	1.42	1.69	1.91	2.10	2.26	2.40	2.53	2.63	2.76	2.87	2.97	3.07	4 00	8 00
16 20	19 40	**3.80**	**1.45**	**0.26**	0.47	0.97	1.34	1.63	1.86	2.05	2.22	2.37	2.50	2.63	2.75	2.86	2.96	3.07	4 20	7 40
16 40	19 20	**4.05**	**1.62**	**0.38**	0.38	0.89	1.28	1.57	1.81	2.02	2.19	2.34	2.48	2.61	2.73	2.85	2.96	3.07	4 40	7 20
17 00	19 00	**4.25**	**1.75**	**0.48**	0.30	0.83	1.23	1.53	1.78	1.99	2.16	2.32	2.47	2.60	2.72	2.84	2.96	3.07	5 00	7 00
17 20	18 40	**4.40**	**1.84**	**0.55**	0.25	0.79	1.19	1.50	1.75	1.96	2.15	2.31	2.46	2.59	2.72	2.84	2.95	3.07	5 20	6 40
17 40	18 20	**4.48**	**1.90**	**0.59**	0.21	0.76	1.17	1.48	1.74	1.95	2.14	2.30	2.45	2.58	2.71	2.84	2.95	3.07	5 40	6 20
18 00	18 00	**4.51**	**1.92**	**0.60**	0.20	0.75	1.16	1.48	1.73	1.95	2.13	2.30	2.45	2.58	2.71	2.83	2.95	3.07	6 00	6 00
α δ		−80°	−75°	−70°	−65°	−60°	−55°	−50°	−45°	−40°	−35°	−30°	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	南赤緯	

表中粗體字爲負數

表 XXXVII 乙　周年赤緯歲差 (P_δ) 表

α	0分	10分	20分	30分	40分	50分	60分	α
0時	+20″0	+20″0	+20″0	+19″9	+19″7	+19″6	+19″4	0時
1	+19.4	+19.1	+18.8	+18.5	+18.2	+17.8	+17.4	1
2	+17.4	+16.9	+16.4	+15.9	+15.4	+14.8	+14.2	2
3	+14.2	+13.5	+12.9	+12.2	+11.5	+10.8	+10.0	3
4	+10.0	+ 9.3	+ 8.5	+ 7.7	+ 6.9	+ 6.0	+ 5.2	4
5	+ 5.2	+ 4.3	+ 3.5	+ 2.6	+ 1.7	+ 0.9	0.0	5
6	0.0	− 0.9	− 1.7	− 2.6	− 3.5	− 4.3	− 5.2	6
7	− 5.2	− 6.0	− 6.9	− 7.7	− 8.5	− 9.3	−10.0	7
8	−10.0	−10.8	−11.5	−12.2	−12.9	−13.5	−14.2	8
9	−14.2	−14.8	−15.4	−15.9	−16.4	−16.9	−17.4	9
10	−17.4	−17.8	−18.2	−18.5	−18.8	−19.1	−19.4	10
11	−19.4	−19.6	−19.7	−19.9	−20.0	−20.0	−20.0	11
12	−20.0	−20.0	−20.0	−19.9	−19.7	−19.6	−19.4	12
13	−19.4	−19.1	−18.8	−18.5	−18.2	−17.8	−17.4	13
14	−17.4	−16.9	−16.4	−15.9	−15.4	−14.8	−14.2	14
15	−14.2	−13.5	−12.9	−12.2	−11.5	−10.8	−10.0	15
16	−10.0	− 9.3	− 8.5	− 7.7	− 6.9	− 6.0	− 5.2	16
17	− 5.2	− 4.3	− 3.5	− 2.6	− 1.7	− 0.9	0.0	17
18	0.0	+ 0.9	+ 1.7	+ 2.6	+ 3.5	+ 4.3	+ 5.2	18
19	+ 5.2	+ 6.0	+ 6.9	+ 7.7	+ 8.5	+ 9.3	+10.0	19
20	+10.0	+10.8	+11.4	+12.2	+12.9	+13.5	+14.2	20
21	+14.2	+14.8	+15.4	+15.9	+16.4	+16.9	+17.4	21
22	+17.4	+17.8	+18.2	+18.5	+18.8	+19.1	+19.4	22
23	+19.4	+19.6	+19.7	+19.9	+20.0	+20.0	+20.0	23
24	+20.0							

表 XXXVIII 甲　百年內的赤經歲差表

(以周年歲差爲根據)

0秒.00	0分00秒	2秒.00	3分20秒	4秒.00	6分40秒	6秒.00	10分00秒	8秒.00	13分20秒	10秒.00	16分40秒
0.05	0 05	2.05	25	4.05	45	6.05	05	8.05	25	10.05	45
0.10	10	2.10	30	4.10	50	6.10	10	8.10	30	10.10	50
0.15	15	2.15	35	4.15	55	6.15	15	8.15	35	10.15	55
0.20	20	2.20	40	4.20	7 00	6.20	20	8.20	40	10.20	17 00
0.25	25	2.25	45	4.25	05	6.25	25	8.25	45	10.25	05
0.30	30	2.30	50	4.30	10	6.30	30	8.30	50	10.30	10
0.35	35	2.35	55	4.35	15	6.35	35	8.35	55	10.35	15
0.40	40	2.40	4 00	4.40	20	6.40	40	8.40	14 00	10.40	20
0.45	45	2.45	05	4.45	25	6.45	45	8.45	05	10.45	25
0.50	0 50	2.50	4 10	4.50	7 30	6.50	10 50	8.50	14 10	10.50	17 30
0.55	55	2.55	15	4.55	35	6.55	55	8.55	15	10.55	35
0.60	1 00	2.60	20	4.60	40	6.60	11 00	8.60	20	10.60	40
0.65	05	2.65	25	4.65	45	6.65	05	8.65	25	10.65	45
0.70	10	2.70	30	4.70	50	6.70	10	8.70	30	10.70	50
0.75	15	2.75	35	4.75	55	6.75	15	8.75	35	10.75	55
0.80	20	2.80	40	4.80	8 00	6.80	20	8.80	40	10.80	18 00
0.85	25	2.85	45	4.85	05	6.85	25	8.85	45	10.85	05
0.90	30	2.90	50	4.90	10	6.90	30	8.90	50	10.90	10
0.95	35	2.95	55	4.95	15	6.95	35	8.95	55	10.95	15
1.00	1 40	3.00	5 00	5.00	8 20	7.00	11 40	9.00	15 00	11.00	18 20
1.05	45	3.05	05	5.05	25	7.05	45	9.05	05	11.05	25
1.10	50	3.10	10	5.10	30	7.10	50	9.10	10	11.10	30
1.15	55	3.15	15	5.15	35	7.15	55	9.15	15	11.15	35
1.20	2 00	3.20	20	5.20	40	7.20	12 00	9.20	20	11.20	40
1.25	05	3.25	25	5.25	45	7.25	05	9.25	25	11.25	45
1.30	10	3.30	30	5.30	50	7.30	10	9.30	30	11.30	50
1.35	15	3.35	35	5.35	55	7.35	15	9.35	35	11.35	55
1.40	20	3.40	40	5.40	9 00	7.40	20	9.40	40	11.40	19 00
1.45	25	3.45	45	5.45	05	7.45	25	9.45	45	11.45	05
1.50	2 30	3.50	5 50	5.50	9 10	7.50	12 30	9.50	15 50	11.50	19 10
1.55	35	3.55	55	5.55	15	7.55	35	9.55	55	11.55	15
1.60	40	3.60	6 00	5.60	20	7.60	40	9.60	16 00	11.60	20
1.65	45	3.65	05	5.65	25	7.65	45	9.65	05	11.65	25
1.70	50	3.70	10	5.70	30	7.70	50	9.70	10	11.70	30
1.75	55	3.75	15	5.75	35	7.75	55	9.75	15	11.75	35
1.80	3 00	3.80	20	5.80	40	7.80	13 00	9.80	20	11.80	40
1.85	05	3.85	25	5.85	45	7.85	05	9.85	25	11.85	45
1.90	10	3.90	30	5.90	50	7.90	10	9.90	30	11.90	50
1.95	15	3.95	35	5.95	55	7.95	15	9.95	35	11.95	55
2.00	3 20	4.00	6 40	6.00	10 00	8.00	13 20	10.00	16 40	12.00	20 00

表 XXXVIII 乙　百年內的赤緯歲差表

（以周年歲差為根據）

P_δ	$100P_\delta$	P_δ	$100P_\delta$	P_δ	$100P_\delta$	P_δ	$100P_\delta$
0.0″	0.0′	5.0″	8.3′	10.0″	16.7′	15.0″	25.0′
0.2	0.3	5.2	8.7	10.2	17.0	15.2	25.3
0.4	0.7	5.4	9.0	10.4	17.3	15.4	25.7
0.6	1.0	5.6	9.3	10.6	17.7	15.6	26.0
0.8	1.3	5.8	9.7	10.8	18.0	15.8	26.3
1.0	1.7	6.0	10.0	11.0	18.3	16.0	26.7
1.2	2.0	6.2	10.3	11.2	18.7	16.2	27.0
1.4	2.3	6.4	10.7	11.4	19.0	16.4	27.3
1.6	2.7	6.6	11.0	11.6	19.3	16.6	27.7
1.8	3.0	6.8	11.3	11.8	19.7	16.8	28.0
2.0	3.3	7.0	11.7	12.0	20.0	17.0	28.3
2.2	3.7	7.2	12.0	12.2	20.3	17.2	28.7
2.4	4.0	7.4	12.3	12.4	20.7	17.4	29.0
2.6	4.3	7.6	12.7	12.6	21.0	17.6	29.3
2.8	4.7	7.8	13.0	12.8	21.3	17.8	29.7
3.0	5.0	8.0	13.3	13.0	21.7	18.0	30.0
3.2	5.3	8.2	13.7	13.2	22.0	18.2	30.3
3.4	5.7	8.4	14.0	13.4	22.3	18.4	30.7
3.6	6.0	8.6	14.3	13.6	22.7	18.6	31.0
3.8	6.3	8.8	14.7	13.8	23.0	18.8	31.3
4.0	6.7	9.0	15.0	14.0	23.3	19.0	31.7
4.2	7.0	9.2	15.3	14.2	23.7	19.2	32.0
4.4	7.3	9.4	15.7	14.4	24.0	19.4	32.3
4.6	7.7	9.6	16.0	14.6	24.3	19.6	32.7
4.8	8.0	9.8	16.3	14.8	24.7	19.8	33.0
5.0	8.3	10.0	16.7	15.0	25.0	20.0	33.3

表 XXXIX 星座的名字和符號

表內載有：(1)俄文名字，(2)中文名字，(3)拉丁文名字，(4)位置：凡星座的全部或大部分位於赤緯 +35° 以北的，以字母 N 表示；位於赤緯 −35° 以南的，以 S 表示，(5)星座名字的所有格，(6) 三字母的國際簡號，(7) 星座面積；以平方度表示，(8) 亮於 $6^m.0$ 的星數

俄文名字	中文名字	拉丁文名字	位置	所有格	簡號	面積（平方度）	亮於 $6^m.0$ 的星數
Андромеда	仙女座	Andromeda	N	Andromedae	And	722	100
Близнецы	雙子座	Gemini		Geminorum	Gem	514	70
Большая Медведица	大熊座	Ursa Major	N	Ursae Majoris	UMa	1280	125
Большой Пёс	大犬座	Canis Major		Canis Majoris	CMa	380	80
Весы	天秤座	Libra		Librae	Lib	538	50
Водолей	寶瓶座	Aquarius		Aquarii	Aqr	980	90
Возничий	御夫座	Auriga	N	Aurigae	Aur	657	90
Волк	豺狼座	Lupus	S	Lupi	Lup	334	70
Волопас	牧夫座	Bootes		Bootis	Boo	907	90
Волосы Вероники	后髮座	Coma Berenices		Comae Berenices	Com	386	50
Ворон	烏鴉座	Corvus		Corvi	Crv	184	15
Геркулес	武仙座	Hercules		Herculis	Her	1225	140
Гидра	長蛇座	Hydra		Hydrae	Hya	1300	130
Голубь	天鴿座	Columba	S	Columbae	Col	270	40
Гончие Псы	獵犬座	Canes Venatici	N	Canum Venaticorum	CVn	465	30
Дева	室女座	Virgo		Virginis	Vir	1290	95
Дельфин	海豚座	Delphinus		Delphini	Del	189	30
Дракон	天龍座	Draco	N	Draconis	Dra	1083	80
Единорог	麒麟座	Monoceros		Monocerotis	Mon	482	85
Жертвенник	天壇座	Ara	S	Arae	Ara	237	30
Живописец	繪架座	Pictor	S	Pictoris	Pic	247	30
Жираф	鹿豹座	Camelopardalis	N	Camelopardalis	Cam	757	50
Журавль	天鶴座	Grus	S	Gruis	Gru	366	30
Заяц	天兔座	Lepus		Leporis	Lep	290	40

續表 XXXIX

俄文名字	中文名字	拉丁文名字	位置	所有格	簡號	面積(平方度)	亮於 $6^m.0$ 的星數
Змееносец (Офиух)	蛇夫座	Ophiuchus		Ophiuchi	Oph	948	100
Змея	巨蛇座	Serpens		Serpentis	Ser	637	60
Золотая Рыба	劍魚座	Dorado	S	Doradus	Dor	179	20
Индеец	印第安座	Indus	S	Indi	Ind	294	20
Кассиопея	仙后座	Cassiopeja	N	Cassiopejae	Cas	598	90
Кентавр	半人馬座	Centaurus	S	Centauri	Cen	1060	150
Киль	船底座	Carina	S	Carinae	Car	494	110
Кит	鯨魚座	Cetus		Ceti	Cet	1230	100
Козерог	摩羯座	Capricornus		Capricorni	Cap	414	50
Компас	羅盤座	Pyxis		Pyxidis	Pyx	221	25
Корма	船尾座	Puppis		Puppis	Pup	673	140
Лебедь	天鵝座	Cygnus	N	Cygni	Cyg	804	150
Лев	獅子座	Leo		Leonis	Leo	947	70
Летучая Рыба	飛魚座	Volans	S	Volantis	Vol	141	20
Лира	天琴座	Lyra	N	Lyrae	Lyr	286	45
Лисичка	狐狸座	Vulpecula		Vulpeculae	Vul	268	45
Малая Медведица	小熊座	Ursa Minor	N	Ursae Minoris	UMi	256	20
Малый Конь	小馬座	Equuleus		Equulei	Equ	72	10
Малый Лев	小獅座	Leo Minor		Leonis Minoris	LMi	232	20
Малый Пёс	小犬座	Canis Minor		Canis Minoris	CMi	183	20
Микроскоп	顯微鏡座	Microscopium	S	Microscopii	Mic	210	20
Муха	蒼蠅座	Musca	S	Muscae	Mus	138	30
Насос	唧筒座	Antlia	S	Antliae	Ant	239	20
Наугольник	矩尺座	Norma	S	Normae	Nor	165	20
Овен	白羊座	Aries		Arietis	Ari	441	50
Октант	南極座	Octans	S	Octantis	Oct	291	35
Орёл	天鷹座	Aquila		Aquilae	Aql	652	70
Орион	獵戶座	Orion		Orionis	Ori	594	120

續表 XXXIX

俄文名字	中文名字	拉丁文名字	位置	所有格	簡號	面積(平方度)	亮於$6^m.0$的星數
Павлин	孔雀座	Pavo	S	Pavonis	Pav	378	15
Паруса	船帆座	Vela	S	Velorum	Vel	500	110
Пегас	飛馬座	Pegasus		Pegasi	Peg	1121	100
Персей	英仙座	Perseus	N	Persei	Per	615	90
Печь	天爐座	Fornax		Fornacis	For	398	35
Райская Птица	天燕座	Apus	S	Apodis	Aps	206	20
Рак	巨蟹座	Cancer		Cancri	Cnc	506	60
Резец	雕具座	Caelum	S	Caeli	Cae	125	10
Рыбы	雙魚座	Pisces		Piscium	Psc	889	75
Рысь	天貓座	Lynx	N	Lyncis	Lyn	545	60
Северная Корона	北冕座	Corona Borealis		Coronae Borealis	CrB	179	20
Секстант	六分儀座	Sextans		Sextantis	Sex	314	25
Сетка	網罟座	Reticulum	S	Reticuli	Ret	114	15
Скорпион	天蝎座	Scorpius		Scorpii	Sco	497	100
Скульптор	玉夫座	Sculptor		Sculptoris	Scl	475	30
Столовая Гора	山案座	Mensa	S	Mensae	Men	153	15
Стрела	天箭座	Sagitta		Sagittae	Sge	80	20
Стрелец	人馬座	Sagittarius		Sagittarii	Sgr	867	115
Телескоп	望遠鏡座	Telescopium	S	Telescopii	Tel	252	50
Телец	金牛座	Taurus		Tauri	Tau	797	125
Треугольник	三角座	Triangulum		Trianguli	Tri	132	15
Тукан	杜鵑座	Tucana	S	Tucanae	Tuc	295	25
Феникс	鳳凰座	Phoenix	S	Phoenicis	Phe	469	40
Хамелеон	蝘蜓座	Chamaeleon	S	Chamaeleontis	Cha	132	20
Цефей	仙王座	Cepheus	N	Cephei	Cep	588	60
Циркуль	圓規座	Circinus	S	Circini	Cir	93	20
Часы	時儀座	Horologium	S	Horologii	Hor	249	20
Чаша	巨爵座	Crater		Crateris	Crt	282	20
Щит	盾牌座	Scutum		Scuti	Sct	109	20

續表 XXXIX

俄文名字	中文名字	拉丁文名字	位置	所有格	簡號	面積(平方度)	亮於 $6^m.0$ 的星數
Эридан	波江座	Eridanus		Eridani	Eri	1138	100
Южный Змей	水蛇座	Hydrus	S	Hydri	Hyi	243	20
Южный Крест	南十字座	Crux	S	Crucis	Cru	68	30
Южная Рыба	南魚座	Piscis Austrinus		Piscis Austrini	PsA	245	25
Южная Корона	南冕座	Corona Australis	S	Coronae Australis	CrA	128	25
Южный Треугольник	南三角座	Triangulum Australe	S	Trianguli Australis	TrA	110	20
Ящерица	蝎虎座	Lacerta	N	Lacertae	Lac	201	35

船底座，船尾座，羅盤座和船帆座從前曾合為一大星座，稱為南船座(Argo Navis)(Корабль Аргонавтов)。

表 XL 一些亮星的專名

俄 文 名	拉 丁 文 名	中 文 名
Алькóр	Alcor (ζ_2 UMa)	(大熊座 ζ_2 星)
Альциóна	Alcyone (η Tau)	昴宿六(金牛座 η 星)
Альдебарáн	Aldebaran (α Tau)	畢宿五(金牛座 α 星)
Алгóль	Algol (β Per)	大陵五(英仙座 β 星)
Альтаúр	Altair (α Aql)	河鼓二(天鷹座 α 星)
Антарéс	Antares(Cor Scorpionis)(α Sco)	心宿二(大火)(天蝎座 α 星)
Арктýр	Arcturus (α Boo)	大角(牧夫座 α 星)
Бетельгéйзе	Betelgeuze (Trapezium) (α Ori)	參宿四(獵戶座 α 星)
Вéга	Vega (α Lyr)	織女一(天琴座 α 星)
Денéб	Deneb (Arided) (α Cyg)	天津四(天鵝座 α 星)
Денебóла	Denebola (Deneb Alcat)(β Leo)	五帝座一(獅子座 β 星)
Канóпус	Canopus (α Car)	老人(船底座 α 星)
Капéлла	Capella (α Aur)	五車二(御夫座 α 星)
Кастóр	Castor (α Gem)	北河二(雙子座 α 星)
Мúра	Mira (o Cet)	蒭藁增二(鯨魚座 o 星)
Мицáр	Mizar (ζ_1 UMa)	開陽(北斗六)(大熊座 ζ_1 星)
Полярная	Polaris (α UMi)	勾陳一(小熊座 α 星)
Поллýкс	Pollux (β Gem)	北河三(雙子座 β 星)
Прóцион	Procyon (α CMi)	南河三(小犬座 α 星)
Рéгул	Regulus (Cor Leonis) (α Leo)	軒轅十四(獅子座 α 星)
Рúгель	Rigel (β Ori)	參宿七(獵戶座 β 星)
Сúриус	Sirius (Dog Star) (α CMa)	天狼(大犬座 α 星)
Спúка	Spica (Epi) (α Vir)	角宿一(室女座 α 星)
Фомальгáут	Fomalhaut (α PsA)	北落師門(南魚座 α 星)

表 XLI 亮於 4 等的星表(從北極至南赤緯 40°)

表內星座的順序按俄文名稱的字母次序排列。星座內恆星依亮度次序排列。表中載有:恆星名稱;1900 年的坐標;視星等(或變星的光變範圍);按新型或舊制的光譜分類;色指數(括號內的爲由光譜型求得之概值);恆星視差,以千分之一弧秒爲單位;銀經和銀緯及載於表末的附註號數。

附註中載有補充資料:

1) 恆星名稱;

2) 伴星,伴星星等或其光譜型,和主星的角距、方位角和公轉周期;如爲近距雙星,若其總亮度亮於 4 等星,則刊出二子星的星等、二子星的距離和其他資料;

3) 分光雙星和其視線速度變化周期;

4) 變星的光變類型和光變周期。

星	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0″.001	l	b	附註號數
		仙女座 (Андромеда) (Andromeda)							
	時 分		m		m				
α	0 03.2	+28°32′	2.15	A0p	−0.07	28	81°	−32°	1
γ¹	1 57.8	+41 51	2.28	K2 III	+1.33	8	105	−18	2
β	1 04.1	+36 05	2.37	M0 III	+1.57	13	96	−27	3
δ	0 34.6	+30 19	3.49	K3 III	(+1.3)	26	88	−32	
ο	22 57.5	+41 47	3.63	B6+A1	−0.07	10	70	−16	4
51	1 31.9	+48 7	3.77	K3 III	(+1.1)	19	99	−13	
μ	0 51.2	+37 57	3.94	A2	(+0.1)	37	93	−24	
		雙子座 (Близнецы) (Gemini)							
β	7 39.2	+28 16	1.21	K0 III	+1.25	98	160	+25	5
α¹	7 28.2	+32 06	1.99	A1 V	+0.16	70	155	+24	6
α²	7 28.2	+32 06	2.85	A8	+0.16	70	155	+24	6
γ	6 31.9	+16 29	1.93	A0 IV	+0.10	12	165	+ 6	7
ε	6 37.8	+25 14	3.18	G8 Ib	+1.59	9	157	+11	
μ	6 16.9	+22 34	3.19	M3 III	+1.65	16	157	+ 6	
η	6 08.8	+22 32	3.3—4.2	M3 III	(+1.7)	13	156	+ 4	8
ξ	6 39.7	+13 00	3.40	F5 III	+0.51	49	168	+ 6	
δ	7 14.2	+22 10	3.51	F0	+0.36	56	164	+18	9
θ	6 46.2	+34 5	3.64	A3 III	(+0.1)	21	150	+16	
λ	7 12.3	+16 43	3.65	A3 V	(+0.1)	43	168	+15	
κ	7 38.4	+24 38	3.68	G8 III	+1.05	23	163	+23	
ζ	6 58.2	+20 43	3.7—4.3	F7—G3	(+0.7)	4	163	+13	10
ι	7 19.5	+28 0	3.89	K0	(+1.5)	26	158	+21	
		大熊座 (Большая Медведица) (Ursa Major)							
ε	12 49.6	+56 30	1.68	A0p	−0.16	67	85	+61	11
η	13 43.6	+49 49	1.91	B3 V	−0.18	17	66	+65	12
α	10 57.6	+62 17	1.95	K0 III	+1.14	31	110	+52	13
ζ¹	13 19.9	+55 27	2.40	A2 V	+0.03	42	77	+62	14

續表 XLI

*	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0″.001	l	b	附註號數
				大熊座 (Большая Медведица) (Ursa Major)					
	時 分		m		m				
β	10 55.8	+56°55′	2.44	A1 V	−0.04	43	115°	+55°	15
γ	11 48.6	+54 15	2.54	A0 V	−0.11	37	107	+62	16
ι	08 52.4	+48 26	3.12	A7 V	+0.28	66	139	+42	17
ψ	11 04.0	+45 02	3.15	K1 III	+1.21	35	132	+64	
μ	10 16.4	+42 00	3.21	M0 III	+1.67	32	145	+57	
θ	09 26.2	+52 08	3.26	F6 III	+0.50	58	133	+46	
δ	12 10.5	+57 35	3.44	A3 V	+0.06	43	99	+59	17′
ο	08 22.0	+61 03	3.47	G2 II—III	+0.99	12	123	+36	
λ	10 11.1	+43 25	3.52	A2 IV	(+0.1)	31	143	+56	
κ	8 56.8	+47 33	3.68	A0	(0.0)	14	139	+43	
ν	11 13.1	+33 38	3.71	K3 III	(+1.1)	12	157	+70	
h	9 23.7	+63 30	3.75	F0	(+0.3)	38	117	+42	18
ξ	11 12.9	+32 06	3.86	dG0	+0.56	130	163	+70	19
χ	11 40.8	+48 20	3.85	K0	(+1.1)	18	116	+66	
υ	9 43.9	+59 31	3.89	F2 IV	(+0.3)	35	120	+46	
				大犬座 (Большой Пёс) (Canis Major)					
α	06 40.7	−16 35	−1.58	A1 V	+0.31	375	195	− 8	20
ε	06 54.7	−28 50	1.63	B2 II	−0.25	10	208	−10	21
δ	07 04.3	−26 14	1.98	F8 Ia	+0.70	5	206	− 7	
β	06 18.3	−17 54	1.99	B1 II—III	−0.19	11	193	−18	22
η	07 20.1	−29 06	2.43	B5 Ia	+0.01	12	210	− 5	
ζ	06 16.5	−30 01	3.10	B3	−0.21	13	205	−18	
ο²	06 58.8	−23 41	3.12	B3 Ia	−0.06	7	204	− 7	
σ	06 57.7	−27 47	3.68	K5	(+1.6)	11	207	−10	
κ	06 46.1	−32 23	3.78	B2p	(−0.3)	6	209	−14	
ω	07 10.7	−26 35	3.83	B3p	(−0.2)	8	208	− 6	
				天秤座 (Весы) (Libra)					
β	15 11.6	−09 01	2.74	B8 V	−0.10	20	320	+38	
α²	14 45.3	−15 38	2.90	A3 V	+0.14	53	308	+37	23
σ	14 58.2	−24 53	3.41	M	(+1.7)	31	305	+28	
υ	15 30.9	−27 48	3.78	K2	(+1.3)	24	310	+20	
τ	15 32.6	−29 27	3.80	B3	(−0.2)	17	309	+20	
				寶瓶座 (Водолей) (Aquarius)					
β	21 26.3	−06 01	3.07	G0 Ib	+0.79	6	16	−39	
α	22 00.6	−00 48	3.19	G2 Ib	(+0.7)	7	28	−43	
δ	22 49.3	−16 21	3.51	A2	(+0.1)	42	19	−61	
c²	23 04.1	−21 43	3.80	K0	(+1.1)	14	10	−67	24
ε	20 42.3	− 9 52	3.83	A1 V	(0.0)	19	6	−32	
λ	22 47.4	− 8 07	3.84	M	(+1.7)	14	32	−57	
γ	22 16.5	− 1 53	3.97	A0	(0.0)	38	31	−47	

續表 XLI

星	α_{1950}	δ_{1950}	m_v	光譜型	色指數	π 0".001	l	b	附註號數
				御夫座 (Возничий) (Auriga)					
	時 分		星等		m				
α	05 09.3	+45°51′	0.21	G1	+0.82	71	130°	+ 6°	25
β	05 52.2	+44 56	2.07	A2 IV	−0.06	39	135	+12	26
θ	05 52.9	+37 12	2.71	A0p	−0.11	25	142	+ 8	27
ι	04 50.5	+33 00	2.90	K3 II	−1.56	20	138	− 5	
η	04 59.5	+41 06	3.28	B3 V	−0.36	13	133	+ 2	
ε	04 54.8	+43 41	3.3—4.1	F0 Iap	(+0.5)	7	132	+ 2	28
δ	05 51.3	+54 17	3.88	K0 III	(+1.1)	22	127	+16	
ζ	04 55.5	+40 56	3.9—4.1	K4+B9	變星	8	133	+ 1	29
				豺狼座 (Волк) (Lupus)					
φ¹	15 15.5	−35 54	3.59	K5	(+1.6)	12	302	+16	
η	15 56.4	−38 06	3.61	B3	(−0.2)	9	307	+10	
				牧夫座 (Волопас) (Bootes)					
α	14 11.1	+19 42	0.24	K2 IIIp	+1.26	87	344	+68	30
ε	14 40.6	+27 20	2.70	G5 III	+0.97	15	7	+63	31
η	13 49.9	+18 51	2.80	G0 IV	+0.55	101	334	+72	32
γ	14 28.1	+38 45	3.00	A7 III	+0.25	20	34	+65	
δ	15 11.5	+33 41	3.54	K0	(+1.1)	28	20	+57	
β	14 58.2	+40 47	3.63	G8 III	+1.01	24	34	+59	
ρ	14 27.5	+30 49	3.78	K3 III	(+1.1)	23	14	+66	
ζ	14 36.4	+14 09	3.86	A2	(+0.1)	14	339	+59	33
				烏鴉座 (Ворон) (Corvus)					
γ	12 10.7	−16 59	2.78	B8 III	−0.04	24	261	+44	
β	12 29.1	−22 51	2.84	G5	+0.91	27	266	+39	
δ	12 24.7	−15 58	3.11	B9 V	0	24	264	+46	
ε	12 05.5	−22 04	3.21	K0	+1.17	29	259	+39	
				武仙座 (Геркулес) (Hercules)					
β	16 25.9	+21 42	2.81	G8 III	+1.07	18	7	+39	34
ζ	16 37.5	+31 47	3.00	G0 IV	+0.54	110	20	+39	35
α¹	17 10.1	+14 30	3.1—3.9	M5 II	+1.30	6	3	+27	36
δ	17 10.9	+24 57	3.16	A3 IV	+0.10	31	14	+30	37
π	17 11.8	+36 55	3.36	K3 II	+1.49	19	28	+33	
μ	17 42.5	+27 47	3.48	G5 IV	+0.86	109	20	+25	
η	16 39.5	+39 07	3.61	K0	+1.00	48	29	+40	
ι	17 36.6	+46 4	3.79	B3 V	(−0.2)	5	39	+30	
γ	16 17.5	+19 23	3.79	A9 III	(+0.3)	23	2	+40	
ξ	17 55.9	+29 16	3.82	K0	(+1.1)	20	22	+23	
ο	18 05.6	+28 45	3.83	A0	(0.0)	13	23	+20	
τ	16 16.7	+46 33	3.91	B5 IV	(−0.1)	12	40	+41	
109	18 19.4	+21 43	3.92	K0	(+1.1)	22	18	+14	
ε	16 56.5	+31 04	3.92	A0	(0.0)	23	20	+35	38
θ	17 52.8	+37 16	3.99	K1 II	(+1.1)	8	20	+25	

續表 XLI

*	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0″.001	l	b	附註號數
	長蛇座 (Гидра) (Hydra)								
	時 分		m		m				
α	09 22.7	−08°14′	2.16	K3 III	+1.48	16	210°	+31	39
ζ	08 50.1	+06 20	3.30	K0 III	+1.21	26	190	+37	
ν	10 44.7	−15 40	3.32	K2 III	+1.17	26	234	+38	
γ	13 13.5	−22 39	3.33	G5	+0.91	25	280	+38	
ε	08 41.5	+06 47	3.48	F8	+0.75	24	189	+30	40
π	14 00.7	−26 12	3.48	K0	(+1.1)	37	291	+33	
R	13 24.2	−22 46	3.5–10.1	M7e	(+1.7)	—	283	+38	41
ξ	11 28.1	−31 18	3.72	G5	(+1.0)	20	252	+29	
λ	10 05.7	−11 52	3.83	G9	(+1.1)	16	220	+36	
θ	09 09.2	+ 2 44	3.84	A0	(0.0)	22	196	+34	
	天鴿座 (Голубь) (Columba)								
α	05 36.0	−34 08	2.75	B5p	−0.17	22	206	−28	42
β	05 47.4	−35 48	3.22	K0	(+1.1)	27	209	−26	
ε	05 27.7	−35 33	3.92	K0	(+1.1)	13	208	−30	
δ	06 18.4	−33 23	3.98	G1	(+1.0)	18	208	−19	
	獵犬座 (Гончие Псы) (Canes Venatici)								
α^2	12 51.4	+38 52	2.90	A0p	−0.09	24	78	+78	43
	室女座 (Дева) (Virgo)								
α	13 19.9	−10 38	1.2—1.3	B1 V	−0.39	17	285	+50	44
γ^1	12 36.6	−00 54	2.91	F0 V	+0.23	95	268	+61	45
ε	12 57.2	+11 30	2.95	G9 III	+0.98	36	284	+73	
ζ	13 29.6	−00 05	3.44	A3 V	+0.13	33	205	+60	
δ	12 50.6	+03 56	3.66	M	+1.57	18	277	+65	
109	14 41.2	+02 19	3.76	A0 V	(0.0)	30	323	+51	
β	11 45.5	+02 20	3.80	F8 V	+0.48	101	241	+60	
μ	14 37.8	−05 13	3.95	F5	(+0.5)	46	315	+47	
η	12 14.8	−00 07	4.00	A0	(0.0)	26	257	+61	
	海豚座 (Дельфин) (Delphinus)								
β	20 32.9	+14 15	3.72	F3	+0.34	34	27	−17	46
α	20 35.0	+15 34	3.86	B9 V	(−0.1)	12	29	−16	
ε	20 28.4	+10 58	3.98	B5	(−0.2)	12	24	−18	
	天龍座 (Дракон) (Draco)								
γ	17 54.3	+51 30	2.42	K5 III	+1.60	22	47	+29	47
η	16 22.6	+61 44	2.89	G8 III	+0.95	33	59	+40	
β	17 28.2	+52 23	2.99	G2 II	+0.87	9	46	+32	
ζ	17 08.5	+65 50	3.22	B8 IV	−0.20	22	63	+35	
δ	19 12.5	+67 29	3.24	G9 III	+1.09	27	65	+23	
ι	15 22.7	+59 19	3.47	K2 III	(+1.1)	32	59	+48	
α	14 01.7	+64 51	3.64	A0 III	(0.0)	15	76	+51	48

續表 XLI

*	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0".001	l	b	附注號數
	天龍座 (Дракон) (Draco)								
	时 分		m		m				
χ	18 22.9	+72°41'	3.69	F7 V	+0.40	122	71°	+28°	
κ	12 29.2	+70 20	3.88	B6p	(−0.2)	11	92	+48	49
ξ	17 51.8	+56 53	3.90	K2 III	(+1.1)	31	52	+29	
ε	19 48.5	+70 01	3.99	G8 III	(+1.1)	13	70	+21	50
	麒麟座 (Единорог) (Monoceros)								
20	08 20.7	−03 35	3.95	A0 V	(0.0)	21	196	+20	
	天鶴座 (Журавль) (Grus)								
γ	21 47.9	−37 50	3.16	B8	0	20	333	−53	
	天兔座 (Заяц) (Lepus)								
α	05 28.3	−17 54	2.69	F0 Ib	+0.31	11	189	−24	51
β	05 24.0	−20 50	2.96	G2 II	+0.71	16	191	−26	52
ε	05 01.2	−22 30	3.29	K5	+1.49	15	191	−32	
μ	05 08.4	−16 19	3.30	A0p	0	21	184	−27	
ζ	05 42.4	−14 52	3.67	A2	(+0.1)	38	187	−20	
η	05 51.9	−14 11	3.77	F0	(+0.3)	63	187	−17	
γ	05 40.3	−22 29	3.80	F8	(+0.6)	122	195	−23	
δ	05 47.0	−20 53	3.90	K0	(+1.1)	27	193	−21	
	蛇夫座 (Змееносец) (Ophiuchus)								
α	17 30.3	+12 38	2.14	A5 III	+0.17	49	4	+22	53
η	17 04.6	−15 36	2.63	A2 V	+0.08	42	324	+12	54
ζ	16 31.7	−10 22	2.70	O9.5 V	−0.03	6	334	+22	
β	17 38.5	+04 37	2.94	K2 III	+1.08	28	357	+16	
δ	16 09.1	−03 26	3.03	M1 III	+1.52	31	337	+31	
ε	16 13.6	−04 27	3.34	G8 III	+1.14	33	337	+30	
θ	17 15.9	−24 54	3.37	B3	−0.52	8	328	+5	
κ	16 52.9	+09 32	3.42	K2 III	+1.05	24	356	+28	
ν	17 53.5	−09 46	3.50	K0	(+1.1)	17	345	+6	
72	18 02.6	+09 33	3.73	A3	(+0.1)	40	5	+13	
γ	17 42.6	+02 45	3.74	A0 V	(0.0)	32	356	+14	
λ	16 25.9	+02 12	3.85	A0	(0.0)	17	341	+31	
67	17 55.6	+02 56	3.92	B5p	(−0.2)	4	357	+11	
	巨蛇座 (Змея) (Serpens)								
α	15 39.3	+06 44	2.75	K2 III	+1.20	44	342	+42	55
η	18 16.1	−02 55	3.42	G3 IV	(+1.1)	48	355	+4	56
μ	15 44.4	−03 07	3.63	A0	(0.0)	17	333	+36	
ξ	17 31.9	−15 20	3.64	A5	(+0.2)	31	339	+7	
β	15 41.6	+15 44	3.74	A2 IV	(+0.1)	27	354	+47	
ε	15 45.8	+04 47	3.75	A2	(+0.1)	38	341	+41	

續表 XLI

*	α_{1900}	δ_{1900}	m_P	光譜型	色指數	π 0″.001	l	b	附註號數
	巨蛇座 (Змея) (Serpens)								
	時 分		m		m				
δ	15 30.0	+10°53′	3.85	F0	(+0.3)	19	345°	+47°	57
γ	15 51.8	+15 59	3.86	F6 V	(+0.5)	79	355	+44	
	仙后座 (Кассиопея) (Cassiopeia)								
α	0 34.8	+55 59	2.47	K0 II—III	+1.04	14	89	− 6	58
γ	0 50.7	+60 11	1.6—3.0	B0 IVp	−0.26	16	92	− 2	
β	0 03.8	+58 36	2.42	F2 IV	+0.40	73	85	− 3	59
δ	1 19.3	+59 43	2.80	A5 V	+0.14	32	95	− 2	60
ε	1 47.2	+63 11	3.44	B3 IV	−0.22	7	98	+ 2	
η	0 43.0	+57 17	3.64	G0 V	+0.49	182	91	− 5	61
ζ	0 31.4	+53 21	3.72	B2 V	−0.30	5	89	− 9	
	半人馬座 (Кентавр) (Centaurus)								
θ	14 00.8	−35 53	2.26	K0	+1.14	58	288	+23	
ι	13 15.0	−36 11	2.91	A2	+0.07	49	278	+25	
d	13 25.2	−38 54	3.96	K0	(+1.1)	6	279	+22	
	鯨魚座 (Кит) (Cetus)								
ο	02 14.3	−03 26	2.0–10.1	M5e	變星	4	136	−56	62
β	00 38.6	−18 32	2.24	K0 III	+1.05	57	90	−81	
α	02 57.1	+03 42	2.82	M2 III	+1.65	13	141	−44	63
γ	02 38.1	+02 49	3.58	A2	(+0.1)	40	137	−48	64
η	01 03.6	−10 43	3.60	K0	(+1.1)	30	109	−72	
τ	01 39.4	−16 28	3.65	G8 Vp	+0.76	297	142	−71	
ι	00 14.3	−09 23	3.75	K0	(+1.1)	14	71	−69	
θ	01 19.0	−08 42	3.83	K0	+1.15	29	119	−69	
ζ	01 46.5	−10 50	3.92	K0	(+1.1)	22	135	−67	
	摩羯座 (Козерог) (Capricornus)								
δ	21 41.5	−16 35	2.98	A7	+0.17	63	5	−47	65
β^2	20 15.4	−15 06	3.25	G0+B8	+0.71	13	357	−28	66
α^2	20 12.5	−12 51	3.77	G5	(+1.0)	28	359	−26	67
γ	21 34.6	−17 7	3.80	F0p	(+0.3)	30	4	−46	
ζ	21 21.0	−22 51	3.86	G5p	(+1.0)	6	354	−45	
	羅盤座 (Компас) (Pyxis)								
α	08 39.6	−32 50	3.70	B2	(−0.3)	7	223	+ 7	
	船尾座 (Корма) (Puppis)								
ζ	08 00.1	−39 43	2.27	O	−0.22	4	224	− 4	
π	07 13.6	−36 55	2.74	K5	+1.43	14	216	−11	
ρ	08 03.3	−24 01	2.88	F5	+0.46	23	211	+ 6	
ξ	07 45.1	−24 37	3.47	G0p	(+0.7)	5	209	+ 1	
c	07 41.7	−37 44	3.72	K5	(+1.6)	1	220	− 6	
κ	07 34.7	−26 34	3.81	B3—B3	(−0.2)	9	210	− 1	68

續表 XLI

星	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0".001	l	b	附註號數
			天鵝座 (Лебедь) (Cygnus)						
	時 分		m		m				
α	20 38.0	+44 55	1.33	A2 Ia	+0.09	5	52°	+2°	69
γ	20 18.6	+39 56	2.32	F8 Ib	0.76	7	46	+1	
ε	20 42.2	+33 36	2.64	K0 III	+1.02	39	44	−7	
δ	19 41.9	+44 53	2.97	B9.5 III	0.06	22	46	+10	70
β^1	19 26.7	+27 45	3.24	K0+A0	+1.13	8	30	+3	71
ζ	21 08.7	+29 49	3.40	G8 II	(+1.1)	17	45	−13	
τ	21 10.8	+37 37	3.82	F0	+0.45	48	51	−8	72
ξ	21 01.3	+43 32	3.92	K5 Ib	(+1.6)	6	54	−2	
ι	19 27.2	+51 31	3.94	A2	(+0.1)	16	52	+15	
o^1	20 10.5	+46 25	3.95	K0	(+1.1)	5	50	+6	73
κ	19 1[illegible].8	+53 11	3.98	K0 III	(+1.1)	22	52	+17	
			獅子座 (Лев) (Leo)						
α	10 03.0	+12 27	1.34	B7 V	−0.03	42	196	+50	74
β	11 44.0	+15 08	2.23	A3 V	−0.06	77	222	+71	75
γ	10 14.5	+20 21	2.30	K0 IIIp	+1.02	20	185	+55	76
δ	11 08.8	+21 04	2.58	A4 V	−0.11	51	194	+68	77
ε	09 40.2	+24 14	3.12	G0 II	+1.78	10	175	+49	
θ	11 0[illegible]	+15 59	3.41	A2 V	−0.02	23	204	+65	
η	10 01.9	+17 15	3.58	A0 Ib	(0.0)	4	188	+52	
ζ	10 11.1	+23 55	3.65	F0 III	+0.22	18	178	+56	
ο	09 35.8	+10 21	3.76	F5+A3	(+0.5)	19	194	+43	78
ρ	10 27.5	+09 49	3.85	B1 Ib	(−0.3)	4	204	+54	
			天琴座 (Лира) (Lyra)						
α	18 33.6	+38 41	0.14	A0 V	−0.11	121	35	+19	79
γ	18 55.2	+32 33	3.30	B9 III	−0.10	15	31	+12	
β^1	18 46.4	+33 15	3.4—4.3	B2+B8	пер.	3	30	+14	80
			小熊座 (Малая Медведица) (Ursa Minor)						
α	01 22.6	+88 46	2.5→2.6	B8 Ib	+0.57	7	90	+27	81
β	14 51.0	+74 34	2.24	K4 III	+1.50	28	79	+40	82
γ	15 20.9	+72 11	3.14	A2	+0.07	18	75	+41	
			小獅座 (Малый Лев) (Leo Minor)						
46	10 47.7	+34 45	3.92	K0 III	(+1.1)	32	157	+65	
			小犬座 (Малый Пёс) (Canis Minor)						
α	07 34.1	+5 29	0.48	F5 IV	+0.40	291	182	+14	83
β	07 21.7	+8 29	3.09	B8 V	−0.29	24	178	+13	
			白羊座 (Овен) (Aries)						
α	02 01.5	+22 59	2.23	K2 III	+1.03	44	113	−35	84
β	01 49.1	+20 19	2.72	A5 V	+0.13	64	111	−39	85
41	02 44.1	+26 51	3.68	B8	−0.14	22	121	−27	

續表 XLI

*	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0″.001	l	b	附註號數
	天鷹座 (Орел) (Aquila)								
	時 分		m		m				
α	19 45.9	+08°36′	0.89	A7 IV,V	+0.21	205	16°	−10°	86
γ	19 41.5	+10 22	2.80	K3 II	+1.60	18	16	− 8	
ζ	19 00.8	+13 43	3.02	B9.5 V	−0.02	38	15	+ 2	
θ	20 06.1	−01 07	3.37	B9 III	−0.10	13	10	−18	87
δ	19 20.5	+02 55	3.44	F0 IV—V	+0.40	59	7	− 7	
η	19 47.4	+00 45	3.5—4.7	F(p	(+0.7)	5	9	−14	88
λ	19 00.9	−05 02	3.55	B9	(0.0)	26	358	− 7	
β	19 50.1	+06 09	3.90	G8 IV	(+1.1)	77	14	−12	
	獵戶座 (Орион) (Orion)								
β	05 09.7	−08 19	0.34	B8 Ia	−0.17	6	176	−24	89
α	05 49.8	+07 23	0.92	M2 Iab	+1.73	11	168	− 8	90
γ	05 19.8	+06 16	1.70	B2 III	−0.29	14	165	−15	91
ε	05 31.1	−01 16	1.75	B0 Ia	−0.21	7	173	−15	
ζ	05 35.7	−02 00	2.05	O9.5 Ib	−0.38	8	174	−15	92
κ	05 43.0	−09 42	2.20	B0.5 Ia	−0.30	6	182	−17	
δ	05 26.9	−00 22	2.48	O9.5 II	−0.50		171	−16	93
ι	05 30.5	−05 59	2.87	O9 III	−0.41	21	177	−18	94
π^3	04 44.4	+06 47	3.31	F6 V	+0.47		159	−21	
η	05 19.4	−02 29	3.44	B1 V	−0.30	6	172	−19	95
λ^1	05 29.6	+09 52	3.66	O5	−0.34	4	162	−11	96
τ	05 12.8	−06 57	3.68	B5	(−0.2)	8	176	−23	
σ	05 33.7	−02 39	3.78	O9.5 V	(−0.3)	4	175	−16	97
π^4	04 45.9	+05 26	3.78	B2 III	−0.26	5	161	−23	98
π^5	04 49.0	+02 17	3.87	B2	(−0.2)	6	164	−23	99
	飛馬座 (Пегас) (Pegasus)								
ε	21 39.3	+09 25	2.54	K2 Ib	+1.68	13	34	−33	
α	22 59.8	+14 40	2.57	B9 V	−0.07	33	57	−41	100
β	22 58.9	+27 32	2.4—2.8	M2 II—III	+1.79	18	65	−29	101
γ	00 08.1	+14 38	2.87	B2 IV	−0.20	7	79	−46	102
η	22 38.3	+29 42	3.10	G2 II—III	+0.82	14	61	−25	103
ζ	22 36.5	+10 19	3.61	B8 V	−0.21	18	47	−42	
μ	22 45.2	+24 04	3.67	K0	(+1.1)	31	59	−31	
θ	22 05.2	+05 42	3.70	A2	(+0.1)	40	36	−39	
ι	22 02.4	+24 51	3.96	F5 V	(+0.5)	77	51	−25	104
	英仙座 (Персей) (Perseus)								
α	03 17.2	+49 30	1.90	F5 Ib	+0.56	12	114	− 5	105
β	03 01.7	+40 34	2.1—3.2	B8 V	−0.07	31	116	−14	106
ζ	03 47.8	+31 35	2.91	B1 Ib	+0.10	8	130	−15	
ε	03 51.1	+39 43	2.96	B0.5 V	−0.24	5	125	− 9	107
γ	02 57.6	+53 07	3.08	F5+A3	+0.67	16	110	− 4	
δ	03 35.8	+47 28	3.10	B5 III	−0.13	12	113	− 5	
ρ	02 58.6	+38 27	3.2—4.1	M4 II—III	(+1.7)	16	118	−16	108

續表 XLI

星	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0″.001	l	b	附註號數
				英仙座 (Персей) (Perseus)					
	時 分		m		m				
η	02 43.4	+55°29′	3.93	K3 Ib	(+1.1)	6	107°	− 3°	
ν	03 38.4	+42 16	3.93	F5 II	(+0.5)	15	122	− 9	
ο	03 38.0	+31 58	3.94	B1 III	(−0.3)	8	128	−17	109
κ	03 02.7	+44 29	4.00	K0	(+1.1)	25	116	−11	
				天爐座 (Печь) (Fornax)					
α	03 07.8	−29 23	3.95	F8	(+0.6)	72	191	−57	
				巨蟹座 (Рак) (Cancer)					
β	08 11.1	+09 30	3.76	K4 III	(+1.3)	15	182	+25	
				雙魚座 (Рыбы) (Pisces)					
η	01 26.1	+14 50	3.72	G8 III	+1.05	15	106	−46	
γ	23 12.0	+02 44	3.85	K0	(+1.1)	26	52	−52	
α	01 56.9	+02 17	3.94	A2p	(+0.1)	25	121	−55	110
				天貓座 (Рысь) (Lynx)					
α	09 15.0	+34 49	3.30	M0 III	+1.74	19	157	+46	
38	09 12.6	+37 14	3.82	A2	(+0.1)	30	154	+46	
				北冕座 (Северная Корона) (Corona Borealis)					
α	15 30.5	+27 03	2.31	A0 V	−0.08	42	9	+53	111
β	15 23.7	+29 27	3.72	F0p	(+0.3)	32	12	+54	112
γ	15 38.5	+26 37	3.93	A0	(0.0)	23	9	+51	
				天蝎座 (Скорпион) (Scorpius)					
α	16 23.3	−26 13	1.22	M1+A5	+1.90	14	320	+14	113
λ	17 26.8	−37 02	1.71	B2	−0.22	16	320	− 3	
ε	16 43.7	−34 07	2.36	K0	+1.33	47	317	+ 5	
κ	17 35.6	−38 59	2.51	B2	−0.19	9	319	− 6	
δ	15 54.4	−22 20	2.54	B0 V	−0.22	11	318	+22	
υ	17 24.0	−37 13	2.80	B3	−0.22	10	319	− 3	
β^1	15 59.6	−19 32	2.90	B0.5 V	−0.17	8	321	+22	114
τ	16 29.7	−28 01	2.91	B0 V	−0.25	9	319	+12	
π	15 52.8	−25 50	3.00	B3	−0.20	12	315	+19	
σ	16 15.1	−25 21	3.08	B1 III	+0.05	9	320	+16	115
μ^1	16 45.1	−37 53	3.0—3.3	B1p+B3	−0.23	11	314	+ 3	116
G	17 43.0	−37 01	3.25	K2	+1.27	27	321	− 6	
				天箭座 (Стрела) (Sagitta)					
γ	19 54.3	+19 13	3.71	K5	(+1.6)	17	25	− 6	
δ	19 42.9	+18 17	3.78	M+A0	+1.69	8	23	− 5	

續表 XLI

星	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0".001	l	b	附註號數
				人馬座 (Стрелец) (Sagittarius)					
	時 分		m		m				
ε	18 17.5	−34°26′	1.95	A0	−0.01	20	327°	−11°	
σ	18 49.1	−26 25	2.14	B3	−0.13	21	337	−13	
ζ	18 56.3	−30 01	2.71	A2	+0.16	32	334	−17	
δ	18 14.6	−29 52	2.81	K0	+1.17	32	331	− 9	
λ	18 21.8	−25 29	2.94	K0	+1.17	36	335	− 7	
π	19 03.8	−21 11	3.02	F2	+0.40	19	344	−15	
γ	17 59.4	−30 26	3.07	K0	+1.17	27	329	− 6	
η	18 10.9	−36 47	3.16	M	+1.68	24	324	−11	
φ	18 39.4	−27 06	3.30	B8	−0.07	15	336	−12	
τ	19 00.7	−27 49	3.42	K0	(+1.1)	37	337	−17	
ξ2	18 51.8	−21 14	3.61	K0	(+1.1)	14	342	−12	
ο	18 58.7	−21 53	3.90	K0	(+1.1)	30	342	−14	
ρ	19 15.9	−18 02	3.95	A5	(+0.2)	40	348	−16	
				金牛座 (Телец) (Taurus)					
α	04 30.2	+16 19	1.06	K5 III	+1.59	51	149	−19	117
β	05 20.0	+28 31	1.78	B7 III	−0.23	25	145	− 2	118
η	03 41.5	+23 48	2.96	B7 III	−0.08	17	134	−22	119
ζ	05 31.7	+21 05	3.00	B5p	−0.18	9	153	− 4	120
λ	03 55.1	+12 12	3.4—4.2	B3	(−0.2)	7	147	−28	121
θ2	04 22.9	+15 39	3.62	A7 III	(+0.3)	26	148	−20	122
ε	04 22.8	+18 58	3.63	K0 III	(+1.1)	25	146	−18	
ξ	03 21.7	+09 23	3.75	B8	−0.04	17	143	−36	
ο	03 19.4	+08 41	3.80	G8 III	(+1.0)	14	142	−36	
27	03 43.2	+23 45	3.80	B8 III	(−0.1)	11	135	−22	123
17	03 39.0	+23 48	3.81	B6 III	(−0.1)	16	134	−22	124
γ	04 14.1	+15 23	3.86	K0 III	(+1.1)	23	147	−23	
δ	04 17.2	+17 18	3.93	K0 III	(+1.1)	19	146	−21	
				三角座 (Треугольник) (Triangulum)					
β	02 03.6	+34 31	3.08	A5 III	+0.14	18	109	−24	
α	01 47.4	+29 06	3.58	F6 IV	+0.41	51	107	−31	125
				仙王座 (Цефей) (Cepheus)					
α	21 16.2	+62 10	2.60	A7 IV.V	+0.17	77	68	+ 9	126
β	21 27.4	+70 07	3.32	B2 III	−0.30	6	75	+14	127
γ	23 35.2	+77 04	3.42	K1 IV	+1.19	65	86	+15	
η	20 43.3	+61 27	3.59	K0 IV	+0.99	70	65	+11	
δ	22 25.4	+57 54	3.6—4.3	F5	(+0.7)	5	73	+ 1	128
ζ	22 07.4	+57 42	3.62	K1 Ib	(+1.1)	15	71	+ 2	
ε	22 46.1	+65 40	3.68	F0 IV	(+1.1)	35	79	+ 7	
μ	21 40.4	+58 19	3.6—5.1	M2 Ia	(+1.7)	3	68	+ 4	129
				巨爵座 (Чаша) (Crater)					
δ	11 14.3	−14 44	3.82	K0	(+1.1)	25	240	+43	

續表 XLI

*	α_{1900}	δ_{1900}	m_B	光譜型	色指數	π 0".001	l	b	附註號數
				波江座 (Эридан) (Eridanus)					
	時 分		m		m				
β	05 02.9	−05°13′	2.92	A3 III	+0.22	39	173°	−23°	
γ	03 53.4	−13 48	3.19	M0 III	+1.43	14	73	−43	
υ^4	04 14.1	−34 03	3.59	B9	+0.22	18	202	−41	
δ	03 38.5	−10 06	3.72	K0 IV	(+1.1)	112	166	−45	
ε	03 28.2	−09 48	3.81	K2 V	(+1.1)	303	164	−47	
υ^2	04 31.7	−30 46	3.88	K0	(+1.1)	11	198	−40	
τ^4	03 15.1	−22 07	3.95	M	(+1.7)	9	179	−54	
53	04 33.6	−14 30	3.98	K0	(+1.1)	32	179	−35	
				南魚座 (Южная Рыба) (Piscis Austrinus)					
α	22 52.1	−30 09	1.29	A3 V	+0.11	145	348	−66	130
				蝎虎座 (Ящерица) (Lacerta)					
α	22 27.2	+49 46	3.85	A0	(0.0)	[illegible]6	69	− 7	

附註：

1. 壁宿二 (Альферац) (Alpheratz 或 Alphecca)，分光雙星 96日.7。
2. 天大將軍一 (Аламак) (Almaac 或 Alamak 或 Almach)，伴星 5m.08, A0, 10".0, 63° (仙女座 γ^2, 伴星 6m.30, 56年)。
3. 奎宿九 (Мирак) (Mirach)。
4. 車府增十六，變星 3m.6—3m.7, 1日.58。
5. 北河三 (Поллукс) (Pollux)。
6. 北河二 (Кастор) (Castor)，雙星，角距 4".6, 199°, 341年，二星均爲分光雙星 9日.2 和 2日.9。
7. 井宿三 (Альхена) (Alhena)。
8. 鉞，半規則變星 234日。
9. 天樽二，伴星 8m.2, 6".8, 211°。
10. 井宿七，造父變星 10日.15。
11. 玉衡(北斗五) (Алиот) (Alioth 或 Adhara)，變星約 1日。
12. 搖光(北斗七) (Бенетнаш) (Benetnasch 或 Alkaid)。
13. 天樞(北斗一) (Дубхе) (Dubhe)，近距雙星，伴星 5m, 44年。
14. 開陽(北斗六) (Мицар) (Mizar)，分光雙星 20日.5；伴星 4m.0, A, 14", 150°。
15. 天璇(北斗二) (Мерак) (Merak)，伴星 9m。
16. 天璣(北斗三) (Фекда) (Phecda)。
17. 上台一，伴星 10m.8, 7".3, 1°。

17′. 天權(北斗四)。

18. 23 UMa。

19. 下台二，$4^m.4$，$4^m.9$，dG0，$2''.2$，60年；二星均為分光雙星 669日.2 和 4日.0。
20. 天狼（Сириус）（Sirius 或 Dog Star），伴星 $8^m.0$，50年，白矮星。
21. 弧矢七（Адара）（Adara），伴星 $9^m.0$，$7''$，160°。
22. 軍市一（Мирцам）（Mirzam 或 Murzin），分光雙星 0日.3。
23. 氐宿一，伴星 $5^m.3$，F5，$5'$（α^1 Lib）。
24. 88 Aqr。
25. 五車二（Капелла）（Capella），分光雙星 104日.0。
26. 五車三（Менкалинан）（Menkalinan） 食變星 4日.0。
27. 五車四，伴星 $7^m.5$，$3''$，324°。
28. 柱一，食變星 27年.1。
29. 柱二，食變星 972日。
30. 大角（Арктур）（Arcturus）。
31. 梗河一，伴星 $5^m.1$，A1，$2''.7$。
32. 右攝提一（Муфрид）（Muphrid），分光雙星 495日。
33. 左攝提三，$4^m.6$，$4^m.6$，$1''$，315°，126年，c=961。
34. 河中（天市右垣一）（Корнефорос）（Korneforos）。
35. 天紀二，$3^m.1$，$5^m.8$，$1''.5$，34年。
36. 帝座，半規則變星；伴星 $5^m.4$，$5''$，110°（α^2 Her）。
37. 魏，分光雙星；伴星 $8^m.1$，$10''$，216°。
38. 天紀三，分光雙星 4日.0。
39. 星宿一（Альфард）（Alphard）。
40. 柳宿五，$3^m.8$，$5^m.0$，$0''.4$，15年；伴星 $7^m.5$，$4''$，256°，此伴星是分光雙星 10日（ε Hya C）。
41. 長周期變星，鯨魚座 o 星型變星，387日。
42. 丈人一（Факт）（Phach）。
43. 常陳一，變星和分光雙星 5日.5；伴星 $5^m.4$，$20''$，228°（α^1 CVn）。
44. 角宿一（Спика）（Spica 或 Epi），食變星 4日.0。
45. 東上相（太微左垣二），$3^m.7$，$3^m.7$，$6''$，317°，180年。
46. 瓠瓜四，分光雙星；$4^m.2$，$4^m.8$，$0''.5$，27年。
47. 天棓四（Этамин）（Etamin）。
48. 右樞（紫微右垣一）（Тубан）（Thuban），分光雙星 51日.4。
49. 少微，分光雙星 0日.9。
50. 天棓一，伴星 $7^m.6$，$3''$，12°。
51. 廁一（Арнеб）（Arneb）。
52. 廁二，伴星 $11^m.0$，$3''$，308°。
53. 侯（Рас-Альгаг）（Rasalhague）。
54. 宋，$3^m.2$，$3^m.7$，$0''.6$，225°，80年。
55. 蜀（Унук-Эльхайя）（Unukalhay）。

56. 南海，分光雙星 2日.3。
57. $4^m.2$，$5^m.2$，4″.0，182°。
58. 王良四 (Шедар) (Schedir)。
59. 王良一 (Шаф) (Caph)。
60. 閣道三 (Рукба) (Ruchbah)，食變星?，變幅 $0^m.1$，周期 759日。
61. 王良三，$3^m.7$，$7^m.1$，9″，282°，401年。
62. 蒭藁增二 (Мира) (Mira)，長周期變星，周期 331日，有伴星 10^m，0″.8，131°。
63. 天囷一 (Менкаб) (Menkab 或 Menkar 或 Kiffa Australis)。
64. 天囷八，$3^m.7$，$6^m.2$，3″，293°。
65. 壘壁陣四，分光雙星 1日.0。
66. 牛宿一，分光雙星 1374日；伴星 $6^m.2$，B9 (β^1 Cap)。
67. 牛宿二，伴星 $11^m.0$，7″，158°。
68. $4^m.5$，B3 (κ^1)，$4^m.6$，B3 (κ^2)。
69. 天津四 (Денеб) (Deneb 或 Arided)。
70. 天津二，$3^m.0$，$6^m.1$，2″，262°，321年。
71. 輦道增七，伴星 $5^m.4$，35″，55° (β^2 Cyg)。
72. 車府六，分光雙星 0日.14，$3^m.9$，$6^m.5$，1″，50年。
73. 天津增三十八，分光雙星 3803日。
74. 軒轅十四 (Регул) (Regulus 或 Cor Leonis)，伴星 $7^m.6$，176″.5，307°。
75. 五帝座一 (Денебола) (Denebola 或 Deneb Alcat)。
76. 軒轅十二，$2^m.6$，$3^m.8$，4″，121°，約400年。
77. 西上相 (Зосма) (Zosma 或 Zozma)。
78. 軒轅十五，分光雙星 14日.5。
79. 織女一 (Вега) (Vega)。
80. 漸台二，食變星 12日.9。
81. 勾陳一 (Полярная) (Polaris)，造父變星，4日.0；伴星 $8^m.8$，F0，18″.3，217°。
82. 帝(北極二) (Кохаб) (Kochab 或 Guards of the pole)。
83. 南河三 (Процион) (Procyon)，伴星 $10^m.8$，4″，40年.2，此伴星是白矮星。
84. 婁宿三 (Хамаль) (Hamal)。
85. 婁宿一 (Шератан) (Sheratan)，分光雙星 107日。
86. 河鼓二 (Альтаир) (Altair)。
87. 天桴一，分光雙星 17日。
88. 天桴四，造父變星 7日.2。
89. 參宿七 (Ригель) (Rigel)，伴星 $7^m.0$，B9，9″，206°，此伴星是分光雙星 9日.9。
90. 參宿四 (Бетельгейзе) (Betelgeuze 或 Trapezium)，半規則變星 2070日。
91. 參宿五 (Беллатрикс) (Bellatrix)。
92. 參宿增一，伴星 $4^m.2$，B9，3″，159°。
93. 參宿三，食變星和分光雙星 5日.7；伴星 $7^m.0$，B0，53″，0°。

94. 伐三，分光雙星 29日。
95. 參宿增三，食變星和分光雙星 8日.0；$3^m.8$，$4^m.8$，$1''.4$，79°。
96. 伴星 $5^m.6$，$4''.4$，44°。
97. 參宿增一，分光雙星 3日.7。
98. 參旗七，分光雙星 9日.5。
99. 參旗八，分光雙星 3日.7，具有同樣周期的弱光變星。
100. 室宿一（Маркаб）（Markab）。
101. 室宿二（Шат）（Scheat），半規則變星 40日 土。
102. 壁宿一（Альгениб）（Algenib）。
103. 離宮四，分光雙星 818日。
104. 白三，分光雙星 10日.2。
105. 天船三（Мирфак）（Mirfac 或 Marfak）。
106. 大陵五（Алголь）（Algol），食變星 2日.87，三合星 2日.87 和 1日.873。
107. 卷舌二，伴星 $8^m.3$，$9''$，9°。
108. 大陵六，半規則變星，50日。
109. 卷舌增七，分光雙星 4日.4。
110. 金魚增一，雙星 $4^m.3$，$5^m.3$，$2''$，306°，46000年；二子星均爲分光雙星。
111. 貫索四（Гемма）（Gemma 或 Perle），分光雙星和食變星，17日.36。
112. 貫索三，分光雙星 10年.496。
113. 心宿二（大火）（Антарес）（Antares 或 Cor Scorpionis），伴星 $6^m.5$，$3''$，274°。
114. 房宿四（Акраб）（Acrab），分光雙星 6日.8；伴星 $9^m.7$，$0''.8$，105°；伴星 $5^m.1$，B1，$14''$，23°（β^2 Sco）。
115. 心宿一，分光雙星 34日.1。
116. 尾宿二，食變星 1日.45；伴星 $3^m.64$，B2（μ^2 Sco）。
117. 畢宿五（Альдебаран）（Alderbaran）。
118. 五車五（Нат）（El Nath）。
119. 昴宿六（Альциона）（Alcyone）。
120. 天關，分光雙星 133日.0。
121. 畢宿八，食變星 3日.95。
122. 畢宿增十三，分光雙星 141日。
123. 昴宿七（Атлас）（Atlas），雙星 8^m，$0''.4$，39°。
124. 昴宿一（Электра）（Electra）。
125. 婁宿增六，分光雙星 $1^m.74$。
126. 天鈎五（Альдерамин）（Alderamin）。
127. 上衛增一，變星和分光雙星 0日.2；伴星 8^m，$14''$，250°。
128. 造父一，造父變星 5日.4；伴星 $7^m.5$，$41''$，192°。
129. 半規則變星。
130. 北落師門（Фомальгаут）（Fomalhaut）。

表 XLII　北極星序（NPS）的照相星等，仿視星等，色指數和光譜型

恒　星	$m_{照相}$	$m_{仿視}$	色指數	光譜型	恒　星	$m_{照相}$	$m_{仿視}$	色指數	光譜型	恒　星	$m_{照相}$	$m_{仿視}$	色指數
1s	2.56	2.07	+0.49	F8Ib	7r*	10.96	9.86	+1.10	G8	補	充	星	
1	4.20	4.31	−0.11	A1	5s	11.09	10.04	+1.05	gG7				
2	5.07	5.22	−0.15	B9	15	11.28	10.90	+0.38	(G0)**				
3	5.65	5.54	+0.11	A7	6s	11.39	10.69	+0.70	dG6	350	11.00	10.71	+0.29
4	5.83	5.74	+0.09	A3	8r	11.11	10.43	+0.98	gG7	302	13.07	12.27	+0.80
5	6.42	6.46	−0.04	A2	16	11.58	11.22	+0.36	(F7)	427	13.21	12.05	+1.16
2s	6.46	6.26	+0.20	F0	17	11.88	11.30	+0.58	(G0)	389	13.56	12.90	+0.66
3s	6.62	6.33	+0.29	dF3	9r	11.95	—	—	(G8)	151	13.71	12.66	+1.05
1r	6.62	5.03	+1.59	gM1	18	12.23	11.90	+0.33	(G0)	345	13.78	12.05	+1.73
6	7.13	7.07	+0.06	A2	10r	12.61	12.03	+0.58	(G0)	426	13.83	13.38	+0.45
7	7.35	7.53	−0.18	B9	7s	12.62	12.04	+0.58	—	378	14.11	12.81	+1.30
2r	7.90	6.35	+1.55	gM2	19	12.68	12.24	+0.44	(F8)	127	14.19	13.31	+0.88
8	8.33	8.13	+0.20	gF2	20r	12.98	12.52	+0.46	(F8)	134	14.23	13.54	+0.69
9	8.99	8.85	+0.14	gF1	11r	13.22	12.07	+1.45	(G4)	329	14.32	13.51	+0.81
3r	8.88	7.51	+1.37	gK2	21	13.34	12.49	+0.85	(G2)	176	14.35	13.78	+0.57
10	9.17	9.05	+0.12	A6	22	13.46	12.84	+0.62	(G0)	319	14.44	13.61	+0.83
4r	9.24	8.24	+1.00	gG9	23	13.59	13.00	+0.59	(G0)	424	14.48	13.77	+0.71
11	9.71	9.60	+0.18	dF1	12r	13.78	12.47	+1.31	—	401	14.51	13.70	+0.81
12	10.08	9.79	+0.29	A5	24	13.92	13.31	+0.61	—	403	14.51	13.83	+0.68
5r	10.21	8.61	+1.60	gK4	25	14.10	13.58	+0.52	—	152	14.55	13.76	+0.79
4s	10.32	9.85	+0.47	gF7	8s	14.49	13.77	+0.72	—	391	14.56	13.83	+0.72
13	10.51	10.32	+0.19	A5	26	14.61	13.69	+0.92	—	256	14.65	13.84	+0.81
6r	10.51	9.26	+1.25	gG9	9s	14.73	13.74	+0.99	—	338	14.73	13.84	+0.88
14	10.94	10.53	+0.41	F2									

* r——紅星，s——基本星表的補充星。

** 括號內的光譜型爲某一種測定法的結果。

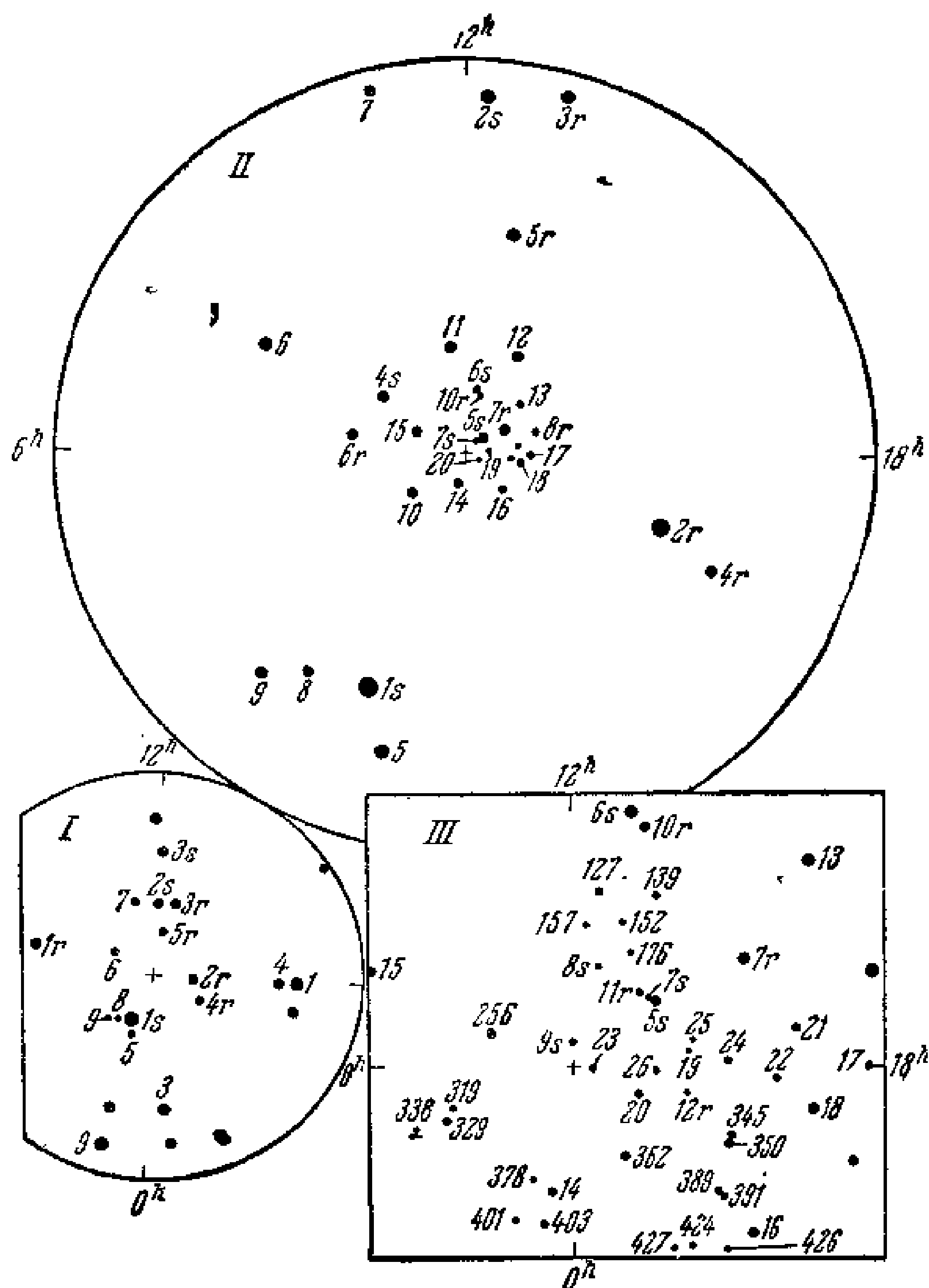


表 XLII 附圖　北極星序圖

左下圖——北極到赤緯 $+85°$ 範圍；上圖——北極到赤緯 $+88°$ 範圍；
右圖——北極四周 $0°.5$ 範圍；圖中 h——時。

表 XLIII 昴星團亮星的照相星等,仿視星等,色指數和光譜型

星	α_{1900}	δ_{1900}	$m_{照相}$	$m_{仿視}$[1]	色指數	光譜型
	3時 +					
1[2]	41分 32秒	23°47′.8	2^m .74	2^m .86	-0^m .12	B7 III
2[3]	43 13	23 44 .9	3 .46	3 .62	−0 .16	B8 III
3[4]	38 56	23 47 .9	3 .52	3 .69	−0 .17	B6 III
4[5]	39 52	24 03 .3	3 .73	3 .86	−0 .13	B7 III
5[6]	40 23	23 38 .2	4 .04	4 .16	−0 .12	B5 Iy
6[7]	39 15	24 09 .2	4 .10	4 .29	−0 .19	B6 y
7[8]	43 14	23 49 .9	5 .06	5 .08	−0 .02	B8p
8	42 26	23 06 .8	5 .29	5 .44	−0 .16	B8 y
9[9]	38 51	23 58 .5	5 .33	5 .45	−0 .12	B7 Iy
9′[10]	39 12	24 31 .5	5 .50	5 .64	−0 .14	B8 y
10[11]	39 57	24 14 .5	5 .65	5 .75	−0 .10	B8 y
11	43 47	23 21 .4	6 .01	6 .16	−0 .15	B9 y
12[12]	40 05	24 13 .0	6 .30	6 .41	−0 .11	B9 y:
13	43 24	24 04 .5	6 .48	6 .59	−0 .11	A0 y
14	41 02	24 12 .6	6 .73	6 .80	−0 .07	B9 y:
15[13]	44 02	23 32 .7	6 .74	(6 .75)	−0 .01	A0
16	43 00	23 33 .1	6 .75	(6 .37)	+0 .38	F0
17	41 32	23 58 .8	6 .81	6 .80	+0 .01	B9
18	41 25	23 29 .6	6 .93	6 .98	−0 .05	A0
18′	42 33	24 02 .3	6 .99	6 .94	+0 .05	A0
19	41 28	23 36 .3	7 .19	7 .26	−0 .07	A0
20	39 41	24 01 .4	7 .21	7 .16	+0 .05	A0
21	40 30	23 56 .6	7 .36	7 .34	+0 .02	A0
22	41 22	23 25 .0	7 .43	(6 .85)	+0 .58	F7
23	43 59	24 02 .7	7 .53	7 .53	0 .00	A1
24	41 26	24 16 .8	7 .82	7 .64	+0 .18	A2
25	41 31	23 22 .2	7 .85	7 .76	+0 .09	A1
26	39 55	23 43 .6	7 .97	7 .84	+0 .13	A1
27	13 29	23 56 .6	8 .07	7 .96	+0 .11	A2
28	40 19	23 52 .7	8 .18	(7 .94)	+0 .24	A4
29	39 30	23 43 .3	8 .19	8 .02	+0 .17	A2

續表 XLIII

★	α_{1900}	δ_{1900}	$m_{照相}$	$m_{仿視}$[1]	色指數	光譜型
30	43分 16秒	23°34′.9	8^m.27	8^m.11	$+0^m$.16	A3
31	41 05	24 30 .6	8 .61	(8 .23)	+0 .38	A4
32	39 10	23 57 .0	8 .86	8 .57	+0 .29	A3
33[11]	41 29	24 20 .9	8 .90	(8 .84)	+0 .06	B8
34	40 17	23 53 .0	8 .90	(7 .52)	+1 .38	K1
35	39 37	24 09 .0	8 .90	8 .58	+0 .32	A6
36	43 57	23 54 .8	9 .26	9 .14	+0 .12	B9
37	42 38	23 52 .4	9 .51	(8 .99)	+0 .52	F6
38	42 10	23 50 .0	9 .76	9 .24	+0 .52	F5
39	39 44	23 58 .5	9 .95	9 .43	+0 .52	F2
40	41 47	23 14 .1	10 .01	8 .77	+1 .21	G7
41	42 29	23 44 .5	10 .56	10 .02	+0 .54	F9
42	39 39	23 46 .2	10 .74	10 .12	+0 .62	F9
43	43 49	23 56 .4	11 .20	(9 .48)	+1 .72	G9

1) 括號的仿視星等係由色指數及照相星等求出。
2) η Tau (昴宿六)(Альциона)(Alcyone)。
3) 27 Tau (昴宿七)(Атлас)(Atlas)。
4) 17 Tau (昴宿一)(Электра)(Electra)。
5) 20 Tau (昴宿四)(Майя)(Maia)。
6) 23 Tau (昴宿五)(Мерона)(Merope)。
7) 19 Tau (昴宿二)(Тайгета)(Taygeta)。
8) 28 Tau (昴宿增十二)(Плейона)(Pleione)，金牛座 BU 星型不規則變星。
9) 16 Tau (昴宿增六)(Celaeno)。
10) 18 Tau。
11) 21 Tau (昴宿三)(Астерона I)(Asterope I)。
12) (Астерона II)(Asterope II)。
13) 近距伴星 $10^m.70$，總亮度 $6^m.71$。
14) 近距伴星 $11^m.34$。

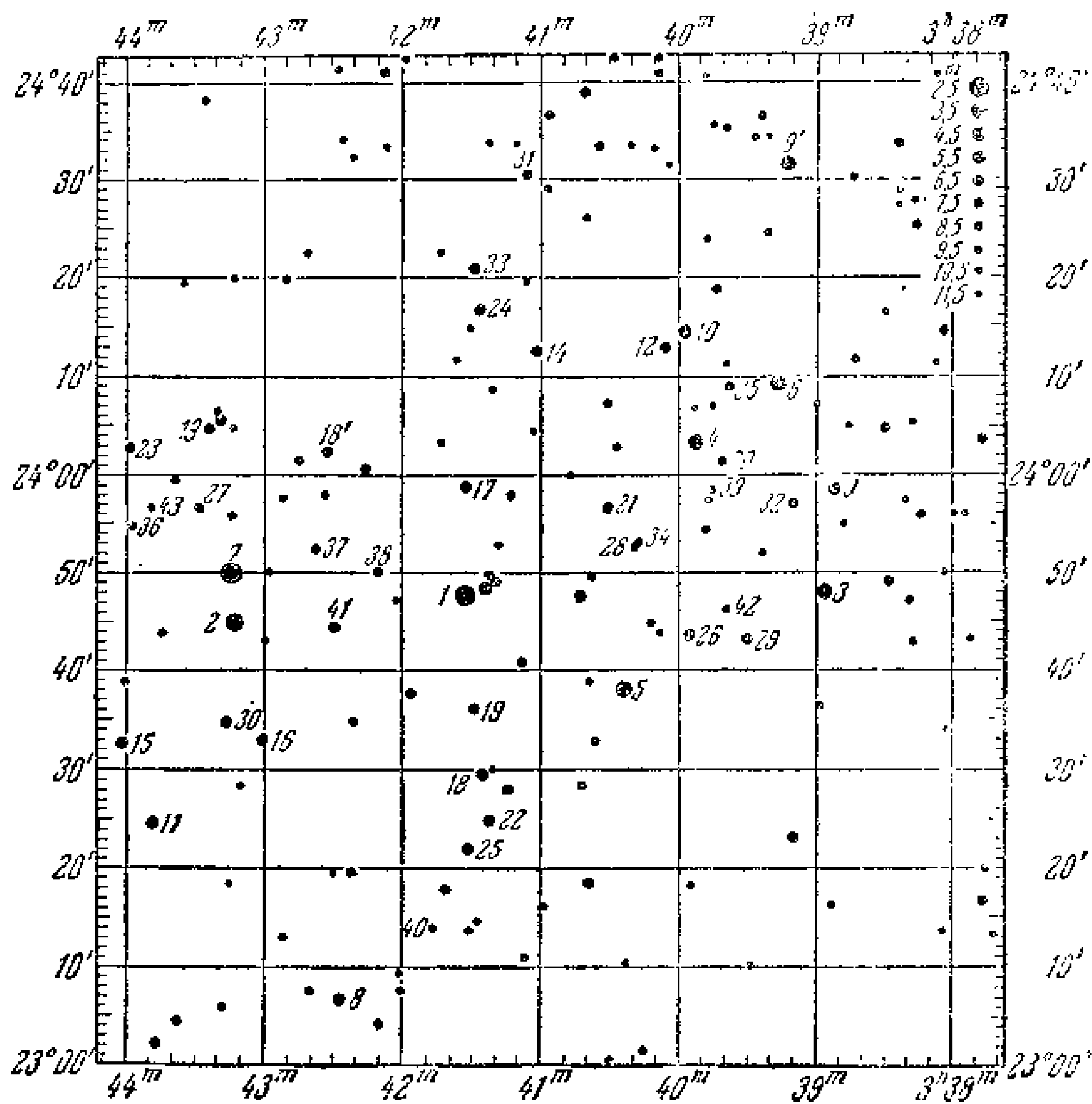


表 XLIII 附圖　昴星團星圖

h——時；m——分。

表 XLIV　距離模數 ($m-M$)，視差 (π) 和距離 (r)（以秒差距表示）的關係表

$m-M$	π	r	$m-M$	π	r	$m-M$	π	r	$m-M$	π	r
m	"		m	"		m	"		m	"	
−5.0	1.000	1.00	0.0	0.100	10.0	+2.0	0.0398	25.1	+4.0	0.0158	63.1
−4.5	0.794	1.26	+0.1	0.096	10.5	+2.1	0.0380	26.3	+4.1	0.0151	66.2
−4.0	0.631	1.58	+0.2	0.091	11.0	+2.2	0.0363	27.6	+4.2	0.0145	69.0
−3.5	0.501	2.00	+0.3	0.087	11.5	+2.3	0.0347	28.8	+4.3	0.0138	72.5
−3.0	0.398	2.51	+0.4	0.083	12.0	+2.4	0.0331	30.2	+4.4	0.0132	75.8
−2.8	0.363	2.76	+0.5	0.079	12.6	+2.5	0.0316	31.6	+4.5	0.0126	79.4
−2.6	0.331	3.02	+0.6	0.076	13.2	+2.6	0.0302	33.1	+4.6	0.0120	83.3
−2.4	0.302	3.31	+0.7	0.072	13.8	+2.7	0.0288	34.7	+4.7	0.0115	87.0
−2.2	0.275	3.64	+0.8	0.069	14.4	+2.8	0.0275	36.4	+4.8	0.0110	90.9
−2.0	0.251	3.98	+0.9	0.066	15.1	+2.9	0.0263	38.0	+4.9	0.0105	95.1
−1.8	0.229	4.37	+1.0	0.063	15.8	+3.0	0.0251	39.8	+5.0	0.0100	100
−1.6	0.209	4.78	+1.1	0.060	16.6	+3.1	0.0240	41.7	+5.1	0.0096	105
−1.4	0.191	5.23	+1.2	0.058	17.4	+3.2	0.0229	43.7	+5.2	0.0091	110
−1.2	0.174	5.75	+1.3	0.055	18.2	+3.3	0.0219	45.7	+5.3	0.0087	115
−1.0	0.158	6.31	+1.4	0.052	19.1	+3.4	0.0209	47.8	+5.4	0.0083	120
−0.8	0.145	6.90	+1.5	0.050	20.0	+3.5	0.0200	50.1	+5.5	0.0079	126
−0.6	0.132	7.58	+1.6	0.048	20.9	+3.6	0.0191	52.3	+5.6	0.0076	132
−0.4	0.120	8.33	+1.7	0.046	21.9	+3.7	0.0182	55.0	+5.7	0.0072	138
−0.2	0.110	9.09	+1.8	0.044	22.9	+3.8	0.0174	57.5	+5.8	0.0069	144
−0.1	0.105	9.51	+1.9	0.042	24.0	+3.9	0.0166	60.2	+5.9	0.0066	151
−0.0	0.100	10.00	+2.0	0.040	25.1	+4.0	0.0158	63.1	+6.0	0.0063	158

續表 XLIV

$m-M$	π	r	$m-M$	π	r	$m-M$	π	r	$m-M$	π	r
m	″		m	″		m	″		m	″	
+6.0	0.0063	158	+8.0	0.0025	400	+10.0	0.00100	1000	+12.0	0.00040	2500
+6.1	0.0060	166	+8.1	0.0024	420	+10.1	0.00096	1050	+12.2	0.00036	2750
+6.2	0.0058	174	+8.2	0.0023	440	+10.2	0.00091	1100	+12.4	0.00033	3000
+6.3	0.0055	182	+8.3	0.0022	460	+10.3	0.00087	1150	+12.6	0.00030	3300
+6.4	0.0052	191	+8.4	0.0021	480	+10.4	0.00083	1200	+12.8	0.00028	3650
+6.5	0.0050	200	+8.5	0.0020	500	+10.5	0.00079	1250	+13.0	0.00025	4000
+6.6	0.0048	210	+8.6	0.0019	520	+10.6	0.00076	1300	+13.2	0.00023	4400
+6.7	0.0046	220	+8.7	0.0018	550	+10.7	0.00072	1400	+13.4	0.00021	4800
+6.8	0.0044	230	+8.8	0.0017	575	+10.8	0.00069	1450	+13.6	0.00019	5200
+6.9	0.0042	240	+8.9	0.0017	600	+10.9	0.00066	1500	+13.8	0.00017	5750
+7.0	0.0040	250	+9.0	0.0016	630	+11.0	0.00063	1600	+14.0	0.00016	6300
+7.1	0.0038	260	+9.1	0.0015	660	+11.1	0.00060	1650	+14.2	0.00014	6900
+7.2	0.0036	275	+9.2	0.0014	690	+11.2	0.00058	1750	+14.4	0.00013	7600
+7.3	0.0035	290	+9.3	0.0014	725	+11.3	0.00055	1800	+14.6	0.00012	8300
+7.4	0.0033	300	+9.4	0.0013	760	+11.4	0.00052	1900	+14.8	0.00011	9100
+7.5	0.0032	315	+9.5	0.0013	790	+11.5	0.00050	2000	+15.0	0.00010	10000
+7.6	0.0030	330	+9.6	0.0012	830	+11.6	0.00048	2100	+15.5	0.00008	12500
+7.7	0.0029	350	+9.7	0.0012	870	+11.7	0.00046	2200	+16.0	0.00006	15800
+7.8	0.0028	365	+9.8	0.0011	910	+11.8	0.00044	2300	+16.5	0.00005	20000
+7.9	0.0026	380	+9.9	0.0010	950	+11.9	0.00042	2400	+17.0	0.00004	25000
+8.0	0.0025	400	+10.0	0.0010	1 000	+12.0	0.00040	2500	+18.0	0.00003	40000

表 XLV 絕對目視星等與光度(以太陽光度爲單位)的關係表

$M_{目視}$	L	$M_{目視}$	L	$M_{目視}$	L	$M_{目視}$	L	$M_{目視}$	L
$-9^{m}.8$	310 000	$-4^{m}.0$	3 100	$+1^{m}.0$	31	$+6^{m}.0$	0.31	$+11^{m}.0$	0.0031
−8.8	260 000	−3.8	2 600	+1.2	26	+6.2	0.26	+11.2	0.0026
−8.6	215 000	−3.6	2 200	+1.4	22	+6.4	0.21	+11.4	0.0021
−8.4	180 000	−3.4	1 800	+1.6	18	+6.6	0.18	+11.6	0.0018
−8.2	150 000	−3.2	1 500	+1.8	15	+6.8	0.15	+11.8	0.0015
−8.0	124 000	−3.0	1 240	+2.0	12.4	+7.0	0.124	+12.0	0.00124
−7.8	103 000	−2.8	1 030	+2.2	10.3	+7.2	0.103	+12.2	0.00103
−7.6	86 000	−2.6	860	+2.4	8.6	+7.4	0.086	+12.4	0.00086
−7.4	71 000	−2.4	710	+2.6	7.1	+7.6	0.071	+12.6	0.00071
−7.2	59 000	−2.2	590	+2.8	5.9	+7.8	0.059	+12.8	0.00059
−7.0	49 000	−2.0	490	+3.0	4.9	+8.0	0.049	+13.0	0.00049
−6.8	41 000	−1.8	410	+3.2	4.1	+8.2	0.041	+13.2	0.00041
−6.6	34 000	−1.6	340	+3.4	3.4	+8.4	0.034	+13.4	0.00034
−6.4	28 000	−1.4	280	+3.6	2.8	+8.6	0.028	+13.6	0.00028
−6.2	24 000	−1.2	240	+3.8	2.4	+8.8	0.024	+13.8	0.00024
−6.0	19 600	−1.0	200	+4.0	2.0	+9.0	0.020	+14.0	0.00020
−5.8	16 300	−0.8	163	+4.2	1.63	+9.2	0.0163	+14.2	0.00016
−5.6	13 600	−0.6	136	+4.4	1.36	+9.4	0.0136	+14.4	0.000136
−5.4	11 300	−0.4	113	+4.6	1.13	+9.6	0.0113	+14.6	0.000113
−5.2	9 400	−0.2	94	+4.8	0.94	+9.8	0.0094	+14.8	0.000094
−5.0	7 800	−0.0	78	+5.0	0.78	+10.0	0.0078	+15.0	0.000078
−4.8	6 500	+0.2	65	+5.2	0.65	+10.2	0.0065	+15.2	0.000065
−4.6	5 400	+0.4	54	+5.4	0.54	+10.4	0.0054	+15.4	0.000054
−4.4	4 500	+0.6	45	+5.6	0.45	+10.6	0.0045	+15.6	0.000045
−4.2	3 700	+0.8	37	+5.8	0.37	+10.8	0.0037	+15.8	0.000037
−4.0	3 100	+1.0	31	+6.0	0.31	+11.0	0.0031	+16.0	0.000031

$+16^{m}.5$	0.000020	$+17^{m}.0$	0.0000124	$+17^{m}.5$	0.0000078	$+18^{m}.0$	0.0000049
		$+18^{m}.5$	0.0000031	$+19^{m}.0$	0.0000020		

表XLVI甲　雙　星　表

表中載有：恆星名稱；1900年坐標；二子星A和B的星等和光譜型；距離d（以弧度表示）和B星的方位角φ。載有θ Ori的六個星的資料，其中之一是子星C的近距伴星（最後一行）。附註中載有：B星繞A星的公轉周期；三合星的第三子星C；子星的分光雙星或變星等資料。此外還有公轉周期及其他數據。

恆　星	α_{1900}	δ_{1900}	A	B	d''	φ	附　　註
	時　分		m	m			
仙女座π星 (π And)	0 31.5	+33 10′	4.4 B3	8.5 B3	36″.1	174°	A分光雙星144日。
仙后座η星 (η Cas)	0 43.6	+57 17	3.7 F8	7.4M0	9.3	282	401年；61天文單位。
小熊座α星 (α UMi)	1 22.6	+88 46	2.1 F8	8.8	18.3	217	北極星，變星4日，變幅0^m.2；分光雙星29年.6。
白羊座γ星 (γ Ari)	1 48.0	+18 48	4.8 A0	4.8 A0	8.1	0	物理雙星。
雙魚座α星 (α Psc)	1 56.9	+ 2 17	4.3 A2	5.2 A2	2.0	306	46,000年。
仙女座γ星 (γ And)	1 57.8	+41 52	2.3 K0	5.1 A0	10.0	63	BC 0″.6, 6^m.6, 24天文單位，56年。
三角座ι星 (ι Tri)	2 06.5	+29 36	5.4 G4	7.0 F3	3.6	71	A分光雙星15日，B分光雙星2日。
鯨魚座γ星 (γ Cet)	2 38.1	+ 2 49	3.7 A2	6.2 F3	3.0	293	物理雙星。
英仙座η星 (η Per)	2 43.4	+55 29	3.9 K0	8.5	28.4	301	
波江座32星 (32 Eri)	3 49.2	− 3 11	5.0 A	6.3 G5	6.7	348	
獵戶座β星 (β Ori)	5 09.7	− 8 19	0.3 B8	7.0 B9	9.2	206	B分光雙星10年。
獵戶座θ星 (θ Ori)	5 30.4	− 5 27	6.8 B5	7.9 B2	8.8	32	獵戶座大星雲中著名四邊形（四合星）的子星。
				5.4 B3	13.6	240	
				6.8	21.6	96	
				11.3	4.3	351	
			[5.4 B3	10.8	4.1	123	
御夫座θ星 (θ Aur)	5 52.9	+37 12	2.7 A0	7.5	3.3	324	物理雙星。
麒麟座β星 (β Mon)	6 24.0	− 6 58	4.7 B2	5.2 B2	7.4	132	BC 2″.8, 108° (5^m.6)。
天貓座12星 (12 Lyn)	6 37.1	+59 33	5.3 A2	6.2	1.8	101	ABC 9″.5, 308°; 8^m.5。
雙子座δ星 (δ Gem)	7 14.2	+22 10	3.5 F0	8.2M0	6.8	211	物理雙星。
雙子座α星 (α Gem)	7 28.2	+32 06	2.0 A3	2.9 A8	4.1	199	311年，AC 73″; 165°, 9^m; A分光雙星9日.2; B分光雙星2日.9。

續表 XLVI 甲

恆　星	α_{1900}	δ_{1900}	A	B	d″	φ	附　　註
	時 分		m	m			
巨蟹座ζ星 (ζ Cnc)	8 06.5	+17°57′	5.7 G0	6.0 A	0″.9	227°	60年, ABC 6″; 101°; 6m.0, 9日, B分光雙星3日。
長蛇座ε星 (ε Hya)	8 41.5	+ 6 47	3.5 F8	5.5	0.4	211	15年.0, ABC 4″, 256°, 7m.5, C分光雙星10日。
獅子座γ星 (γ Leo)	10 14.5	+20 21	2.6 K0	3.8 G5	3.9	120	407年?
大熊座ξ星 (ξ UMa)	11 12.9	+32 06	4.4 G0	4.9 G0	2.2	83	60年, A分光雙星669日, B分光雙星4日.0。
獅子座ι星 (ι Leo)	11 18.7	+11 05	4.1 F3	6.7 F3	0.6	338	184年, 45天文單位。
室女座γ星 (γ Vir)	12 36.6	− 0 54	3.6 F0	3.7 F0	5.8	317	172年, 44天文單位。
獵犬座α星 (α CVn)	12 51.4	+38 52	2.9 A0	5.4 A0	20	227	
大熊座ζ星 (ζ UMa)	13 19.9	+55 26	2.4 A2	4.0 A2	14.5	150	開陽(Мицар)(Mizar), A分光雙星20日.5。
牧夫座π星 (π Boo)	14 36.0	+16 51	4.9 A0	5.8 A0	5.8	106	A分光雙星20日, B分光雙星。
牧夫座ζ星 (ζ Boo)	14 36.4	+14 09	4.6 A2	4.6	1.2	315	126年, e=0.96!
牧夫座ε星 (ε Boo)	14 40.6	+27 30	2.7 K0	5.1 A0	2.7	334	物理雙星。
牧夫座ξ星 (ξ Boo)	14 46.8	+19 31	4.8	6.8	5.3	10	150年, 32天文單位
巨蛇座δ星 (δ Ser)	15 30.0	+10 53	4.2 F0	5.2 F0	4.0	182	
天蝎座ξ星 (ξ Sco)	15 58.9	−11 06	4.9 F3	4.9 F8	1.2	8	45年.7, ABC 8″, 54°, 7m, G7。
武仙座ζ星 (ζ Her)	16 37.5	+31 47	3.1 G0	5.8	1.5	58	34年.4, 14天文單位。
武仙座α星 (α Her)	17 10.1	+14 30	3.5 M5	5.4 F8	4.8	110	B分光雙星52日。
武仙座δ星 (δ Her)	17 10.9	+24 57	3.2 A0	8.1 G2	10.0	216	視雙星, 分光雙星。
天琴座ε_1星 (ε_1 Lyr)	18 41.0	+39 34	5.1 A3	6.0 A3	3.1	5	208″, 172°, 二星均爲物理雙星。
天琴座ε_2星 (ε_2 Lyr)	18 41.1	+39 30	5.1 A5	5.4 A5	2.3	110	
天鵝座β星 (β Cyg)	19 26.7	+27 45	3.2 K0	5.4 B9	34.6	55	物理雙星。
天鵝座δ星 (δ Cyg)	19 41.9	+44 53	3.0 A0	6.4	1.9	262	321年, 81天文單位。
天龍座ε星 (ε Dra)	19 48.5	+70 01	4.0 G2	7.6 F5	3.3	12	物理雙星。
摩羯座α星 (α Cap)	20 12.1	−12 49	3.8 G5	4.6 G9	376		視雙星，二星均爲雙星。

續表 XLVI 甲

恆星	α_{1900}	δ_{1900}	A	B	d''	φ	附註
	時 分		m	m			
海豚座β星 (β Del)	20 32.9	+14°15′	4.2 F5	4.8	0″.5	5°	26年.6,14天文單位,分光雙星。
海豚座γ星 (γ Del)	20 42.0	+15 46	4.5 G5	5.5 F8	10.3	269	物理雙星。
天鵝座61星 (61 Cyg)	21 2.4	+38 15	5.5 K5	6.1 K5	26.0	137	692年,81天文單位。
仙王座β星 (β Cep)	21 27.4	+70 07	3.3 B1	8.0 A3	14	249	A變星和分光雙星0日.2。
寶瓶座ζ星 (ζ Aqr)	22 23.7	−00 32	4.4 F2	4.6 F1	2.7	286	400年,83天文單位。
仙王座δ星 (δ Cep)	22 25.4	+57 54	3.5 G0	7.5 A0	41.0	192	A造父變星。
蝎虎座8星 (8 Lac)	22 31.4	+39 07	5.8 B3	6.6 B5	22.3	186	A分光雙星0日.2;AC 28″,155°,10m。
仙后座σ星 (σ Cas)	23 53.9	+55 12	5.1 B2	7.2 B3	3.1	332	BC67″。

表 XLVI 乙　一些顏色顯著差異的明亮雙星表

恆星	A	B	d''	顏色
	m	m		
仙女座γ星 (γ And)	2.3	5.1	10″	橙和天藍
獵犬座α星 (α CVn)	2.9	5.4	20	黃和淡紫
天鵝座β星 (β Cyg)	3.2	5.4	35	黃和天藍
牧夫座ε星 (ε Boo)	2.7	5.1	3	黃和綠
武仙座α星 (α Her)	3.5	5.4	5	黃和天藍
天蝎座α星 (α Sco)	1.2	6.5	3	橙和綠
武仙座γ星 (γ Her)	4.5	5.5	11	紅和翠綠
長蛇座ε星 (ε Hya)	3.8	5.0	0.3	黃和天藍
雙子座κ星 (κ Gem)	3.7	8.5	7	橙和天藍
英仙座η星 (η Per)	3.9	8.5	28	黃和天藍
仙后座η星 (η Cas)	3.7	7.4	9	黃和絳紅
武仙座δ星 (δ Her)	3.2	8.1	10	白和紫
巨蟹座ι星 (ι Cnc)	4.2	6.6	31	黃和天藍
天蝎座β星 (β Sco)	2.9	5.1	14	白和黃綠

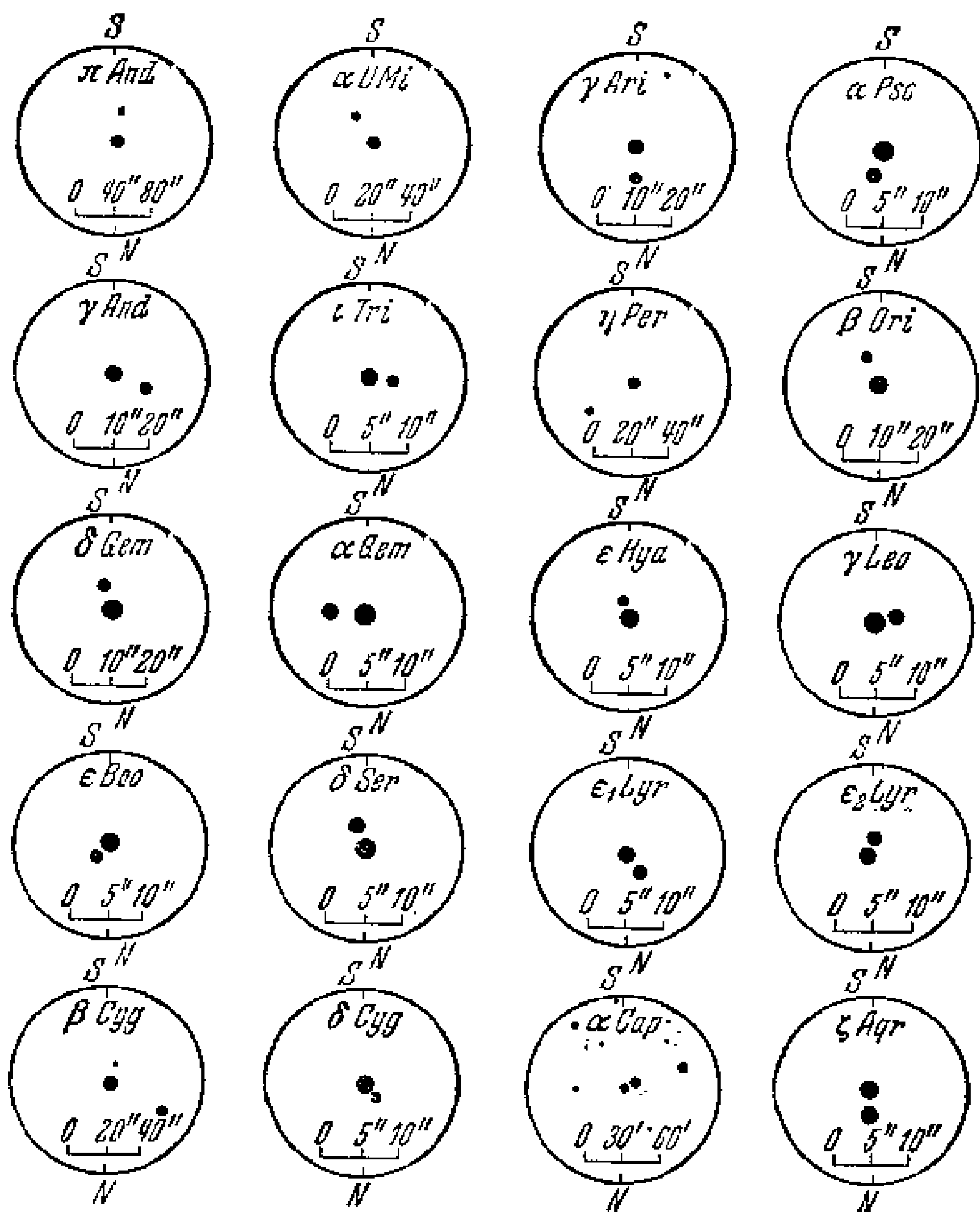


表 XLVI 甲附圖　一些目視雙星的位置

N——北；S——南。

表 XLVII 甲　二個恆星的合成星等求法用表

改正量 $\Delta m'$ 根據星等差 Δm 求出，$\Delta m'$ 應從較亮星的星等中減去

Δm	$\Delta m'$	Δm	$\Delta m'$	Δm	$\Delta m'$	Δm	$\Delta m'$
0.00	0.752	0.00	0.752	1.00	0.364	2.0	0.160
0.01	0.748	0.05	0.728	1.05	0.350	2.1	0.147
0.02	0.743	0.10	0.704	1.10	0.336	2.2	0.134
0.03	0.738	0.15	0.680	1.15	0.323	2.3	0.123
0.04	0.733	0.20	0.657	1.20	0.311	2.4	0.113
0.05	0.728	0.25	0.635	1.25	0.299	2.5	0.104
0.06	0.723	0.30	0.613	1.30	0.287	2.6	0.095
0.07	0.718	0.35	0.592	1.35	0.275	2.7	0.087
0.08	0.713	0.40	0.571	1.40	0.264	2.8	0.079
0.09	0.708	0.45	0.551	1.45	0.253	2.9	0.072
0.10	0.704	0.50	0.531	1.50	0.243	3.0	0.066
0.11	0.699	0.55	0.512	1.55	0.234	3.2	0.056
0.12	0.694	0.60	0.493	1.60	0.224	3.4	0.046
0.13	0.690	0.65	0.475	1.65	0.215	3.6	0.039
0.14	0.685	0.70	0.458	1.70	0.206	3.8	0.032
0.15	0.680	0.75	0.441	1.75	0.197	4.0	0.027
0.16	0.676	0.80	0.425	1.80	0.189	4.5	0.017
0.17	0.671	0.85	0.409	1.85	0.181	5.0	0.011
0.18	0.666	0.90	0.393	1.90	0.174	5.5	0.006
0.19	0.662	0.95	0.378	1.95	0.167	6.0	0.004
0.20	0.657	1.00	0.364	2.00	0.169		

例：$3^m.45$ 和 $4^m.13$ 的合成星等為 $3^m.45-0^m.46=2^m.99$。

表 XLVII 乙　從總亮度和亮度差(以星等表示)求雙星二子星星等用表

總星等 m 應加上由星等差 Δm 求出的 Δm_1 或 Δm_2 值

Δm	$0^m.00$	$0^m.05$	$0^m.10$	$0^m.15$	$0^m.20$	$0^m.25$	$0^m.30$	$0^m.35$	$0^m.40$	$0^m.45$	$0^m.50$	$0^m.60$	$0^m.70$
Δm_1	0.75	0.73	0.70	0.68	0.66	0.64	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.49	0.46
Δm_2	0.75	0.78	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.94	0.97	1.00	1.03	1.09	1.16

Δm	$0^m.80$	$0^m.90$	$1^m.00$	$1^m.20$	$1^m.40$	$1^m.60$	$1^m.80$	$2^m.00$	$2^m.50$	$3^m.00$	$3^m.50$	$4^m.00$	$5^m.00$
Δm_1	0.42	0.39	0.36	0.31	0.26	0.22	0.19	0.16	0.10	0.07	0.04	0.03	0.0
Δm_2	1.22	1.29	1.36	1.51	1.66	1.82	1.99	2.16	2.60	3.07	3.54	4.03	5.01

表 XLVIII　化二星星等差爲亮度比用表

百分數	星等						百分數
	0^m	1^m	2^m	3^m	4^m	5^m	
0^m.00	1.0000	2.5119	6.3096	15.849	39.811	100.00	0^m.00
02	1.0186	2.5586	6.4269	16.144	40.551	101.86	02
04	1.0375	2.6062	6.5464	16.444	41.305	103.75	04
06	1.0568	2.6546	6.6681	16.749	42.073	105.68	06
08	1.0765	2.7040	6.7920	17.061	42.855	107.65	08
10	1.0965	2.7542	6.9183	17.378	43.652	109.65	10
12	1.1169	2.8054	7.0469	17.701	44.463	111.69	12
14	1.1376	2.8576	7.1779	18.030	45.290	113.76	14
16	1.1588	2.9107	7.3114	18.365	46.132	115.88	16
18	1.1803	2.9648	7.4473	18.707	46.989	118.03	18
20	1.2023	3.0200	7.5858	19.055	47.863	120.23	20
22	1.2246	3.0761	7.7268	19.409	48.753	122.46	22
24	1.2474	3.1333	7.8705	19.770	49.659	124.74	24
26	1.2706	3.1915	8.0168	20.137	50.582	127.06	26
28	1.2942	3.2509	8.1658	20.512	51.523	129.42	28
30	1.3183	3.3113	8.3176	20.893	52.481	131.83	30
32	1.3428	3.3729	8.4723	21.281	53.456	134.28	32
34	1.3677	3.4356	8.6298	21.677	54.450	136.77	34
36	1.3932	3.4995	8.7902	22.080	55.463	139.32	36
38	1.4191	3.5645	8.9536	22.491	56.494	141.91	38
40	1.4454	3.6308	9.1201	22.909	57.544	144.54	40
42	1.4723	3.6983	9.2897	23.335	58.614	147.23	42
44	1.4997	3.7670	9.4624	23.768	59.704	149.97	44
46	1.5276	3.8371	9.6383	24.210	60.814	152.76	46
48	1.5560	3.9084	9.8175	24.660	61.944	155.60	48
50	1.5849	3.9811	10.0000	25.119	63.096	158.49	50
52	1.6144	4.0551	10.1859	25.586	64.269	161.44	52
54	1.6444	4.1305	10.3753	26.062	65.464	164.44	54
56	1.6749	4.2073	10.5682	26.546	66.681	167.49	56
58	1.7061	4.2855	10.7647	27.040	67.920	170.61	58
60	1.7378	4.3652	10.9648	27.542	69.183	173.78	60
62	1.7701	4.4463	11.1686	28.054	70.469	177.01	62
64	1.8030	4.5290	11.3763	28.576	71.779	180.30	64
66	1.8365	4.6132	11.5878	29.107	73.114	183.65	66
68	1.8707	4.6989	11.8032	29.648	74.473	187.07	68
70	1.9055	4.7863	12.0226	30.200	75.858	190.55	70
72	1.9409	4.8753	12.2462	30.761	77.268	194.09	72
74	1.9770	4.9659	12.4738	31.333	78.705	197.70	74
76	2.0137	5.0582	12.7057	31.915	80.168	201.37	76
78	2.0512	5.1523	12.9420	32.509	81.658	205.12	78
80	2.0893	5.2481	13.1826	33.113	83.176	208.93	80
82	2.1281	5.3456	13.4277	33.729	84.723	212.81	82
84	2.1677	5.4450	13.6773	34.356	86.298	216.77	84
86	2.2080	5.5463	13.9316	34.995	87.902	220.80	86
88	2.2491	5.6494	14.1906	35.645	89.536	224.91	88
90	2.2909	5.7544	14.4544	36.308	91.201	229.09	90
92	2.3335	5.8614	14.7231	36.983	92.897	233.35	92
94	2.3768	5.9704	14.9968	37.670	94.624	237.68	94
96	2.4210	6.0814	15.2757	38.371	96.383	242.10	96
98	2.4660	6.1944	15.5597	39.084	98.175	246.60	98
1.00	2.5119	6.3096	15.8489	39.811	100.000	251.19	1.00

表 XLIX 各型明亮的變星表

表中載有： 恆星名稱；1900年坐標；目視星等的極大值和極小值；曆元和周期。半規則變星和不規則變星的光譜型及特徵。標有星號(*)的變星特別適於觀測。附註中載有一些補充資料。

表 L 可作爲本表之補充，其中列有較暗變星的數據，該表由蘇聯科學院天文委員會變星委員會推薦可供系統觀測用。

*		α_{1900}	δ_{1900}	變幅	根數
1. 造父變星（載有最大亮度的初始曆元）					
		時 分		m m	24 日
雙子座 W 星	(W Близнецов)*	6 29.2	+15°24′	6.7—7.3	18266.65 + 7.914525·E
雙子座 ζ 星	(ζ Близнецов)[1]	6 58.2	+20 43	3.7—4.1	10639.801+10.153527·E
御夫座 RT 星	(RT Возничего)	6 22.1	+30 33	5.0—5.8	20957.466+ 3.728261·E
麒麟座 T 星	(T Единорога)*[2]	6 19.8	+ 7 8	5.7—6.7	28193.08 +27.018·E
仙后座 SU 星	(SU Кассиопеи)	2 13.0	+68 28	5.9—6.3	30101.133+ 1.94927·E
天鵝座 X 星	(X Лебедя)[3]	20 39.5	+35 11	6.3—7.0	25739.90 +16.3866·E
天鵝座 SU 星	(SU Лебедя)	19 40.8	+29 01	6.4—7.1	21278.503+ 3.845507·E
狐狸座 T 星	(T Лисички)	20 47.2	+27 52	5.4—6.2	19372.151+ 4.435578·E
天鷹座 η 星	(η Орла)*	19 47.1	+ 0 45	3.7—4.4	08827.601+ 7.176625·E
天箭座 S 星	(S Стрелы)	19 51.5	+16 22	5.4—6.1	29091.18 + 8.3821723·E
人馬座 Y 星	(Y Стрельца)	18 15.5	−18 54	5.2—5.9	25503.22 + 5.77335·E
金牛座 SZ 星	(SZ Тельца)*	4 31.4	+18 20	6.5—6.9	23019.49 + 3.149180·E
仙王座 δ 星	(δ Цефея)	22 25.5	+57 54	3.6—4.3	27999.148+ 5.36606·E

續表 XLIX

*	α_{1900}	δ_{1900}	變 幅	根 數
2. 長周期變星(載有最大亮度的曆元)				
	時 分		m m	24 日
寶瓶座 R 星 (R Водолея)	23 38.6	−15°50′	5.8—10.8	31982+386.86·E
長蛇座 R 星 (R Гидры)	13 24.2	−22 46	3.5—10.9	31919+387·E
鯨魚座 o 星 (o Кита)	2 14.3	− 3 26	2.0—10.1	32158+331.48·E
天鵝座 χ 星 (χ Лебедя)	19 46.7	+32 40	2.3—14.3	31943+406.66·E
獅子座 R 星 (R Льва)	9 42.2	+11 54	4.4—11.6	32032+313.13·E
仙王座 T 星 (T Цефея)	21 08.2	+68 05	5.2—11.2	32271+388.35·E
3. 食變星(載有最大亮度的曆元)				
	時 分		m m	24 日
天秤座 δ 星 (δ Весов)	14 55.6	− 8° 7′	4.8—5.9	22852.3536+ 2.32734906·E
御夫座 WW 星 (WW Возничего)	6 25.9	+32 32	5.7—6.4	32892.513 + 2.52501906·E
御夫座 AR 星 (AR Возничего)	5 11.7	+33 40	5.8—6.5	26742.134 + 4.13460057·E
御夫座 ε 星 (ε Возничего)*[3]	4 54.8	+43 40	3.6—4.4	25725 + 9883·E
蛇夫座 U 星 (U Змееносца)	17 11.5	+ 1 19	5.7—6.4	08279.641 + 1.6773460·E
仙后座 RZ 星 (RZ Кассиопеи)[4]	2 39.9	+69 13	6.4—7.8	32806.442 + 1.195252·E
天鵝座 Y 星 (Y Лебедя)	20 48.1	+34 17	7.0—7.6	09534.320 +12.9963331·E
天鵝座 V367 星 (V 367 Лебедя)	20 44.2	+38 55	6.9—7.6	28947.5 +18.5980·E
天琴座 β 星 (β Лиры)	18 46.4	+33 15	3.4—4.3	98590.57 + 2.908006·E[5]
英仙座 β 星 (β Персея)	3 01.7	+40 34	2.2—3.5	78497.761 + 2.86731016·E[5]

續表 XLIX

*		α_{1900}	δ_{1900}	變幅	曆元	平均周期	光譜型
4. 半規則和不規則變星							
		時 分		m m			
大犬座 W 星	(W Большого Пса)*	7 3.1	−11°46′	6.9—7.5	不規則	—	N
御夫座 UU 星	(UU Возничего)[6]	6 29.7	+38 32	5.1—6.8	—	3400日	N
御夫座 AE 星	(AE Возничего)[7]	5 9.7	+34 12	5.4—6.1	不規則	—	O9p
武仙座 X 星	(X Геркулеса)[8]	15 59.6	+47 31	6.3—7.4	2430582	100	M6
武仙座 α 星	(α Геркулеса)[9]	17 10.1	+14 30	3.0—4.0	—	100	M5
武仙座 g 星	(g Геркулеса)	16 25.4	+42 06	4.6—6.0	—	80:	M6
長蛇座 U 星	(U Гидры)	10 32.6	−12 52	4.8—5.8	不規則?	—	N
獵犬座 Y 星	(Y Гончих Псов)[10]	12 40.4	+45 59	5.2—6.6	—	158.0	N
海豚座 U 星	(U Дельфина)	20 40.9	+17 44	5.6—7.5	不規則	—	M5
天龍座 RY 星	(RY Дракона)	12 52.5	+66 32	6.5—[illegible].0	不規則	—	N
天龍座 UX 星	(UX Дракона)[11]	19 25.1	+76 22	6.2—[illegible]	不規則	—	N
麒麟座 U 星	(U Единорога)[12]	7 26.0	−9 34	5.6—7.3	2430347 *	92.26	F8—K0p
天鵝座 W 星	(W Лебедя)[13]	21 32.2	+44 56	5.1—7.6	2430681	130.85 和 119.81	M4e
天鵝座 AF 星	(AF Лебедя)[14]	19 27.2	+45 56	6.1—8.4	2430679	94.1	M6
天琴座 R 星	(R Лиры)[15]	18 52.3	+43 40	4.0—5.0	—	50	M5
獵戶座 α 星	(α Ориона)[16]	5 49.8	+7 23	0.4—1.3	2410600	2070	cM2
飛馬座 TW 星	(TW Пегаса)[17]	21 59.4	+27 52	7.0—9.2	2430370	956.4	M7
英仙座 ρ 星	(ρ Персея)*	2 58.8	+38 27	3.2—3.8	—	50:	M4
仙王座 μ 星	(μ Цефея)[18]	21 40.4	+58 19	3.6—5.1	—	—	cM2e
波江座 Z 星	(Z Эридана)[19]	2 43.1	−12 53	6.4—7.8	—	66	M4

續表 XLIX

附註：

1) 雙子座 ζ 星——根數中的平方項——$0^{日}.575\times10^{-6}\times E^2$。
2) 麒麟座T星——光變周期有變化。
3) 天鵝 X 星——光變周期有變化。
3') 1955 年 8 月開始偏食，1956 年 2 月開始全食。
4) 仙后座 RZ——光變周期在 6573日 範圍內變化。
5) 曆元從 23……開始。
6) 亮度呈不規則的幅擺。
7) 白色不規則變星（稀有類型）的代表。
8) 平均星等變化周期爲 900日［造父座 μ 星 (μ Cep) 型］。
9) 亮度幅擺周期約爲 2000日。
10) 平均星等變化周期爲 2100日。
11) 周期可能爲 160日。
12) 平均星等變化周期爲 2320日［天蠍座 Al 星 (Al Sco) 型］。
13) 光變曲線的形狀有强烈變化［天鵝座 AF 星 (AF Cyg) 型］。
14) 平均星等星周期變化：極大值 $=2{,}430{,}200+960^{日}\times E$。
15) 變幅的變化時而消失.
16) 主要幅變中包括有連續數星期或數月的小幅變。
17) 包括有周期約爲 90日 的小幅變［仙王座 μ 星 (μ Cep) 型］。
18) 周期各爲 90，730，904，4972日 的諸幅變彼此合成的結果。
19) 平均星等變化周期爲 685日。

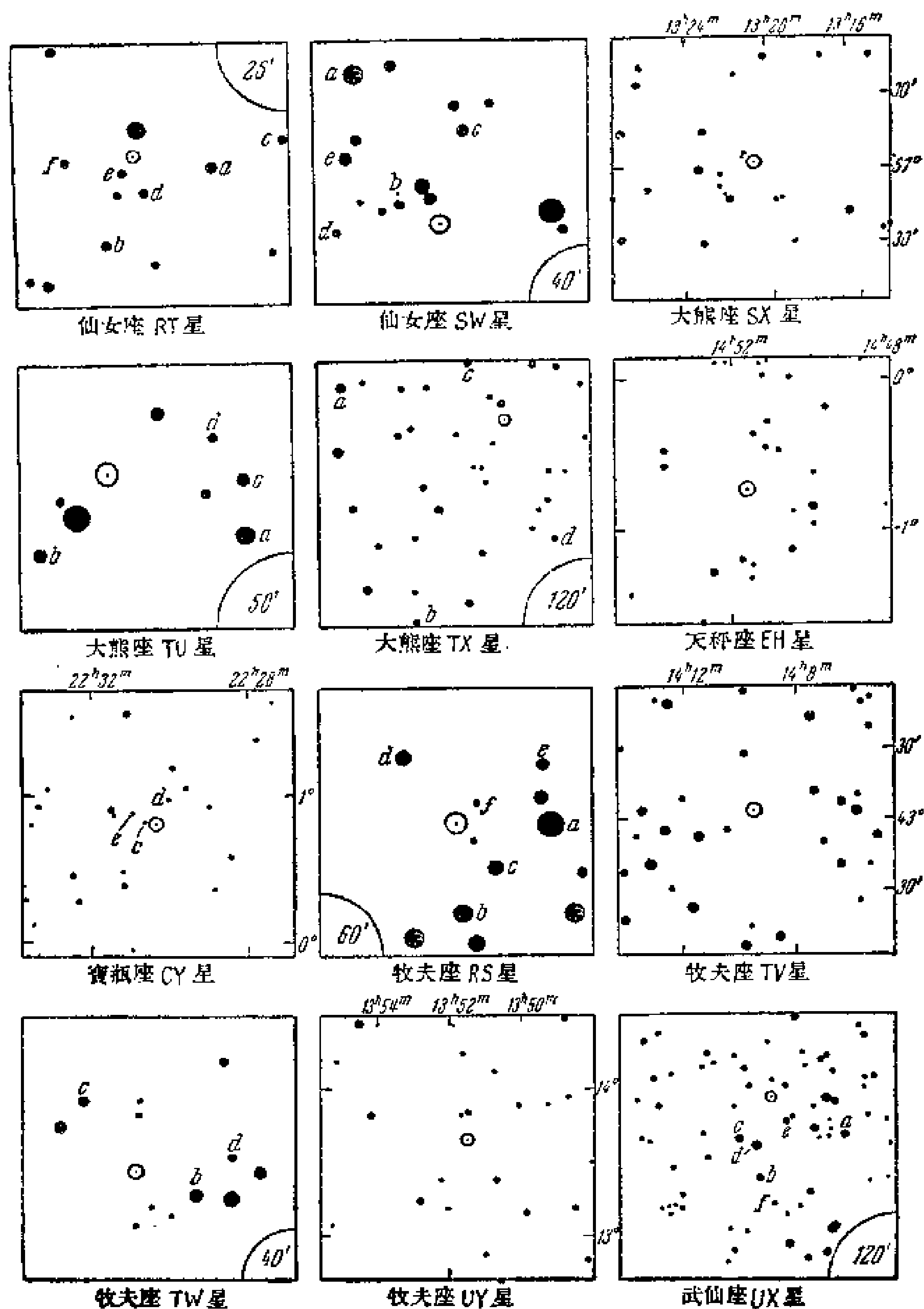


表 L 附圖　變星附近星圖。上面是北。

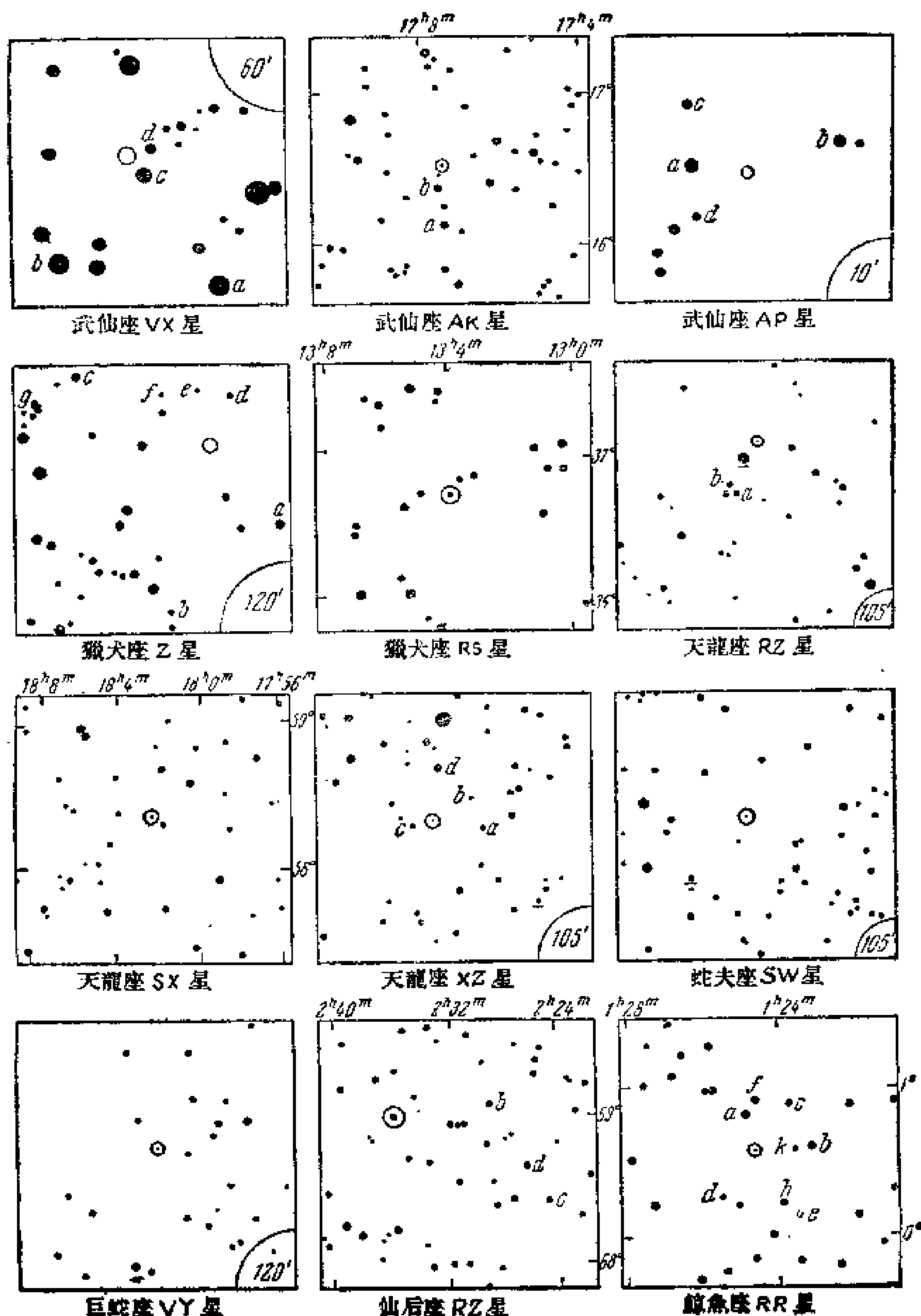
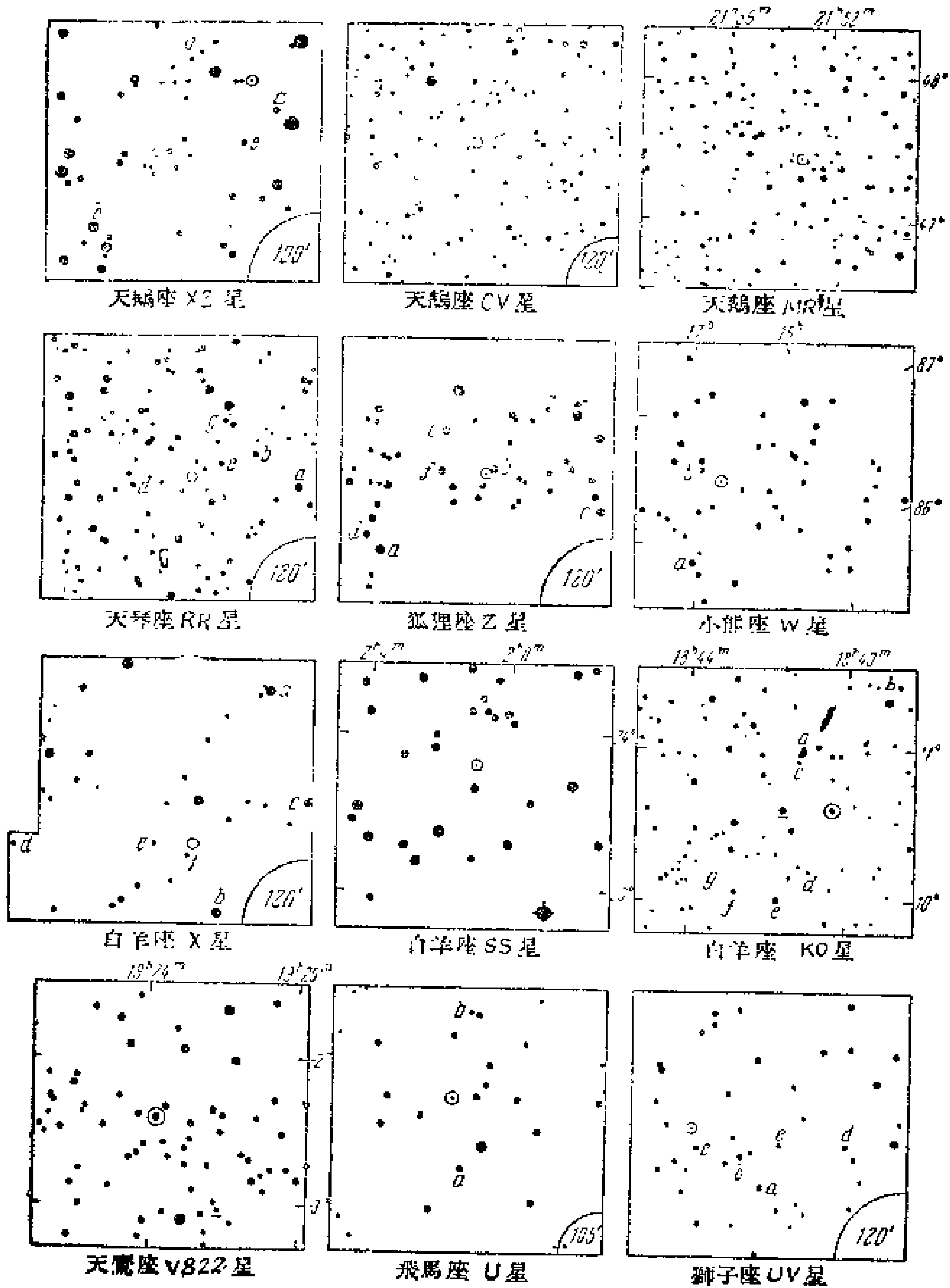


表 L 附圖　變星附近星圖。上面是北。



表L附圖 變星附近星圖。上面是北。

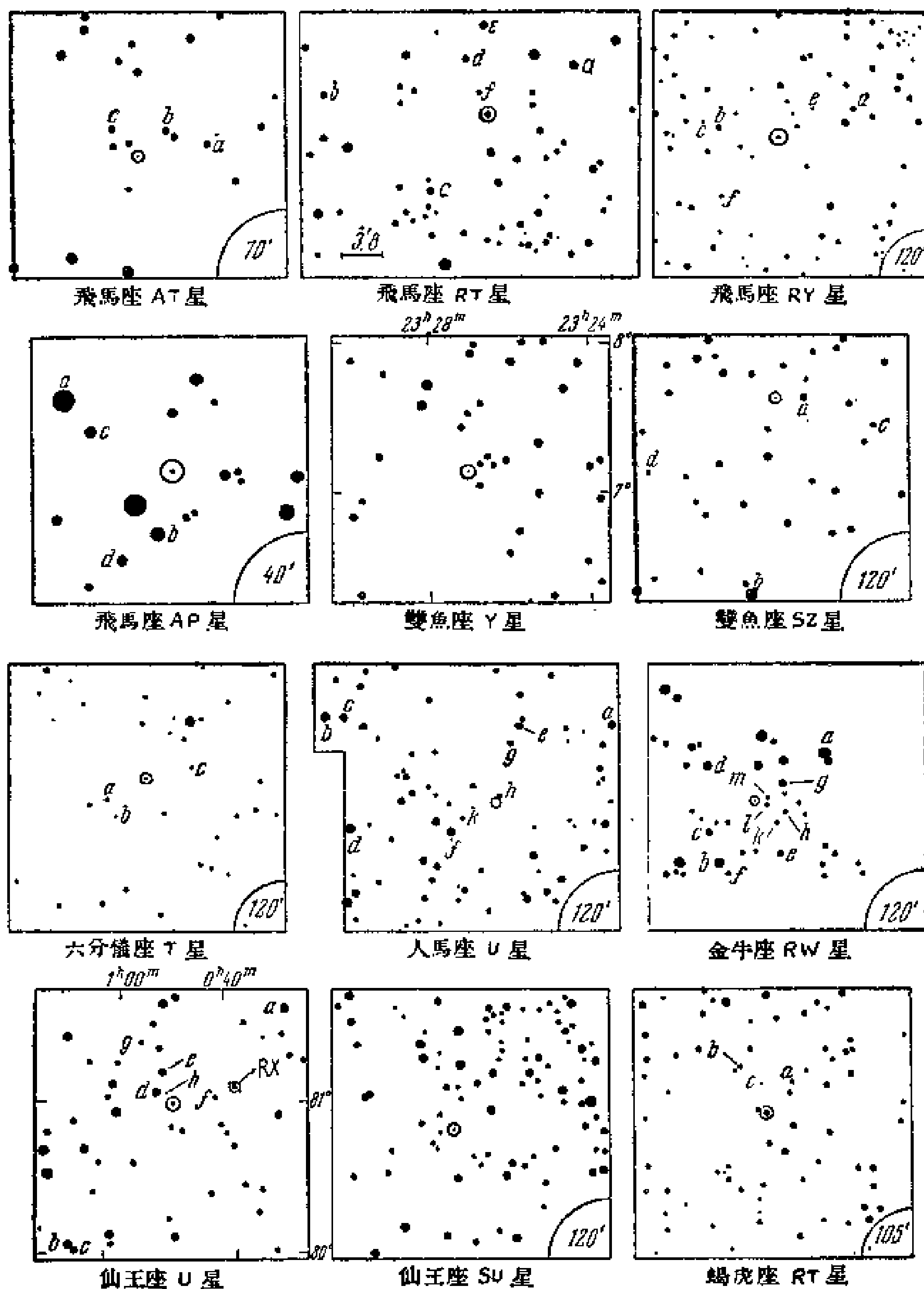
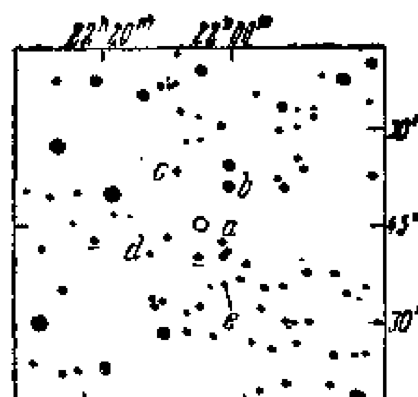


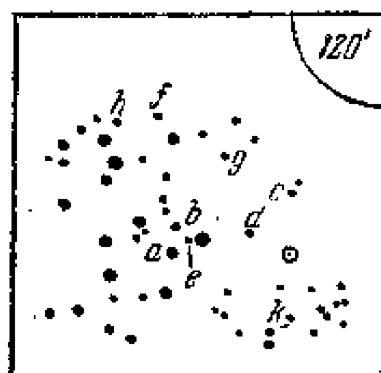
表 L 附圖　變星附近星圖。上面是北。



蠍虎座 SW 星



蠍虎座 AR 星



蠍虎座 CM 星

表乙附圖　變星附近星圖。上面是北。

表L 造父變星和食變星表(蘇聯科學院天文委員會

419，420，421，422，423 頁上載有變星附近星圖，表L未備列出圖中比較星的星等。當缺少比較星的已知亮度時，觀測者須自行選定比較星，可使用301頁中提供的方

恆	星	類型	變幅	1900.0年坐標
			m m	時 分
仙女座 RT 星	(RT Андромеды)	З	8.9— 9.9	23 06.7+52°29′
仙女座 SW 星	(SW Андромеды)	Ц	9.3—10.3	00 18.5+28 51
大熊座 SX 星	(SX Б. Медведицы)	Ц	10.6—11.1	13 22.3+56 47
大熊座 TU 星	(TU Б. Медведицы)	Ц	9.5—10.2	11 24.5+30 37
大熊座 TX 星	(TX Б. Медведицы)	З	7.0— 8.4	10 39.5+46 06
天秤座 EH 星	(EH Весов)	Ц	9.3— 9.8	14 53.8−00 33
寶瓶座 CY 星	(CY Водолея)	Ц	10.6—11.4	22 32.7+01 01
牧夫座 RS 星	(RS Волопаса)	Ц	9.6—10.7	14 29.3+32 12
牧夫座 TV 星	(TV Волопаса)	Ц	10.1—11.3	14 12.6+42 50
牧夫座 TW 星	(TW Волопаса)	Ц	10.2—11.4	14 41.2+41 27
牧夫座 UY 星	(UY Волопаса)	Ц	9.5—10.5	13 53.9+13 26
武仙座 UX 星	(UX Геркулеса)	З	8.7— 9.7	17 49.7+16 58
武仙座 VX 星	(VX Геркулеса)	Ц	9.8—11.4	16 26.2+18 35
武仙座 AK 星	(AK Геркулеса)	З	7.8— 8.2	17 09.5+16 28
武仙座 AP 星	(AP Геркулеса)	Ц	10.5—11.2	18 46.0+15 49
獵犬座 Z 星	(Z Гончих Псов)	Ц	9.0—10.0	12 45.1+44 19
獵犬座 RS 星	(RS Гончих Псов)	З	8.0— 9.3	13 06.0+36 28
天龍座 RZ 星	(RZ Дракона)	З	9.8—10.7	18 21.6+58 51
天龍座 SX 星	(SX Дракона)	З	9.8—11.9	18 03.1+58 23
天龍座 XZ 星	(XZ Дракона)	Ц	9.6—10.4	19 09.1+64 42
蛇夫座 SW 星	(SW Змееносца)	З	10.2—11.4	16 11.1−06 44
巨蛇座 VY 星	(VY Змеи)	Ц	9.5—10.2	15 26.0+02 02
仙后座 RZ 星	(RZ Кассиопеи)	З	6.4— 7.8	02 39.9+69 13
鯨魚座 RR 星	(RR Кита)	Ц	9.0—10.0	01 27.0+00 50
天鵝座 XZ 星	(XZ Лебедя)	Ц	9.1—10.3	19 30.4+56 10
天鵝座 CV 星	(CV Лебедя)	З	10.6—11.1	19 50.7+37 47
天鵝座 MR 星	(MR Лебедя)	З	8.5— 9.4	21 55.1+47 30
天琴座 RR 星	(RR Лиры)	Ц	6.9— 7.8	19 22.3+42 35
狐狸座 Z 星	(Z Лисички)	З	7.0— 8.6	19 17.5+25 23
獅子座 UV 星	(UV Льва)	З	8.7— 8.9	10 33.0+14 47
小熊座 W 星	(W М. Медведицы)	З	8.6— 9.7	16 34.8+86 26
白羊座 X 星	(X Овна)	Ц	9.0— 9.7	03 03.1+10 04
白羊座 SS 星	(SS Овна)	З	10 —11	01 58.6+23 31
天鷹座 KO 星	(KO Орла)	З	8.1— 9.3	18 42.5+10 39
天鷹座 V 822 星	(V822 Орла)	З	6.7— 7.1	19 26.1−02 19
飛馬座 U 星	(U Пегаса)	З	9.3—10.0	23 52.9+15 24
飛馬座 AT 星	(AT Пегаса)	З	8.9— 9.7	22 08.4+07 56
英仙座 RT 星	(RT Персея)	З	10.6—12.0	03 16.7+46 13
英仙座 RY 星	(RY Персея)	З	8.4—10.1	02 39.0+47 43
英仙座 AR 星	(AR Персея)	Ц	9.9—10.8	04 10.0+47 09
雙魚座 Y 星	(Y Рыб)	З	9.0—12.0	23 29.3+07 22
雙魚座 SZ 星	(SZ Рыб)	З	8.0— 9.5	23 08.3+02 08
六分儀座 T 星	(T Секстанта)	Ц	9.9—10.6	09 48.3+02 32
天箭座 U 星	(U Стрелы)	З	6.4— 9.4	19 14.4+19 26
金牛座 RW 星	(RW Тельца)	З	8.1—11.5	03 57.8+27 51
仙王座 U 星	(U Цефея)	З	7.1— 9.3	00 53.4+81 20
仙王座 SU 星	(SU Цефея)	З	9.2—10.0	21 43.5+56 50
蝎虎座 RT 星	(RT Ящерицы)	З	8.8— 9.6	21 57.5+43 24
蝎虎座 SW 星	(SW Ящерицы)	З	8.4— 9.2	22 49.1+37 24
蝎虎座 AR 星	(AR Ящерицы)	З	6.5— 7.2	22 04.6+45 15
蝎虎座 CM 星	(CM Ящерицы)	З	8.2— 8.9	21 56.0+44 04

變星委員會推薦供雙目望遠鏡或小望遠鏡觀測用）

本表中載有：變星名稱；變星類型（日—造父變星，З—食雙星）；1900年坐標；根數法，並根據勃拉日科-尼蘭德（[illegible]-Nijland）方法進行估計變星亮度的等級。

根　　數	比較星 a	b	c	d	e	f	g
24	分	分	分	分	分	分	
24119.2368 + 0.6289825·E	8.55	8.98	9.27	9.65	10.01	10.20	—
18132.800 + 0.4422732·E	8.21	8.80	9.32	10.18	11.17	—	—
22653.2882 + 0.3071414·E	—	—	—	—	—	—	—
25760.451 + 0.5576588·E	9.28	10.15	10.88	—	—	—	—
16426.783 + 3.0653175·E	7.67	7.62	7.92	9.12	—	—	—
33438.6076 + 0.0884139·E	—	—	—	—	—	—	—
28725.4219 + 0.0619085·E	—	—	11.66	10.42	10.95	—	—
28972.6633 + 0.3773366·E	9.07	9.93	10.59	11.25	11.38	11.57	—
24609.521 + 0.3125598·E	—	—	—	—	—	—	—
20340.5307 + 0.5329756·E	—	9.98	10.42	11.02	—	—	—
25688.836 + 0.6507849·E	—	—	—	—	—	—	—
19876.4782 + 1.5488563·E	7.67	7.77	8.52	9.01	9.24	9.50	—
21750.486 + 0.4553715·E	8.98	9.82	10.79	11.99	—	—	—
33515.714 + 0.4215214·E	8.83	9.28	—	—	—	—	—
28585.4 + 10.380·E	9.60	10.32	11.19	11.85	—	—	—
23860.355 + 0.6539052·E	7.90	8.46	8.92	9.42	10.17	10.95	11.16
33016.819 + 4.797875·E	—	—	—	—	—	—	—
29448.794 + 0.5508768·E	9.73	10.53	—	—	—	—	—
32273.276 + 5.1691·E	—	—	—	—	—	—	—
27585.648 + 0.476494·E	9.38	9.99	10.32	8.82	—	—	—
33040.429 + 2.4461·E	—	—	—	—	—	—	—
31225.341 + 0.71409384·E	—	—	—	—	—	—	—
32806.442 + 1.195252·E	—	7.4	7.5	7.9	—	—	—
17501.4421 + 0.5530253·E	8.06	8.82	9.23	9.49	9.63	9.76	10.02
17201.236 + 0.4665885·E	8.65	9.15	9.56	9.68	9.89	10.10	10.41
24454.402 + 0.9834418·E	—	—	—	—	—	—	—
27013.607 + 1.677031·E	—	—	—	—	—	—	—
14856.529 + 0.56683500·E	6.78	6.94	7.50	7.80	8.39	8.59	8.98
25456.117 + 2.454926·E	6.01	7.03	7.17	7.35	8.48	9.28	—
32995.5558 + 0.6000855·E	7.64	8.24	9.25	9.44	10.23	—	—
33454.761 + 1.7011576·E	8.79	9.88	—	—	—	—	—
20785.635 + 0.6511248·E	7.32	7.72	8.07	8.50	10.16	10.68	—
30948.318 + 0.4059897·E	—	—	—	—	—	—	—
33888.366 + 2.86396·E	7.33	7.97	8.13	8.56	8.75	9.50	9.96
29779.30 + 2.641·E	—	—	—	—	—	—	—
30260.6790 + 0.3747821·E	9.82	10.81	—	—	—	—	—
27030.226 + 1.146090·E	7.96	9.16	9.88	—	—	—	—
24553.248 + 0.8494076·E	10.51	11.00	11.41	12.40	12.09	12.93	—
27070.708 + 6.8635663·E	8.15	8.51	9.02	—	9.66	10.5	—
26576.461 + 0.4255494·E	9.79	10.25	10.88	11.61	—	—	—
25495.522 + 3.765882·E	—	—	—	—	—	—	—
25509.333 + 3.90687·E	8.00	9.13	9.67	10.27	—	—	—
27458.463 + 0.3246677·E	9.49	9.99	10.15	—	—	—	—
17130.4151 + 3.3806184·E	5.96	6.30	7.00	7.78	8.12	8.52	9.45
27405.4697 + 2.7688162·E	7.12	7.82	8.34	9.22	9.38	10.09	10.35
07890.2957 + 2.4929065·E	6.38	6.73	7.20	7.80	8.41	9.12	9.54
29550.675 + 0.901401·E	—	—	—	—	—	—	—
21913.499 + 5.073977·E	8.3	9.1	10.0	—	—	—	—
23372.780 + 0.3207156·E	—	7.96	8.16	9.17	9.46	—	—
26624.278 + 1.963209·E	6.08	6.32	6.67	7.12	7.83	—	—
27026.316 + 1.604692·E	7.65	7.85	8.31	8.51	8.61	9.01	9.03

表 LI 銀河疏散星團(P)和銀河球狀星團(III)表

NGC	M	星座	α_{1900}	δ_{1900}	類型	直徑	m	N	總星等 m	距離 以光年表示
			時 分				分			
869[1]		英仙	2 12.0	+56°41′	P	36′	7	350	4.4	4 300
884[2]		英仙	2 15.4	+56 39	P	36	7	300	4.7	4 300
1039	34	英仙	2 35.6	+42 21	P	18	9	80	5.5	1 500
昴星團[3]	45	金牛	3 41.5	+23 48	P	120	4.2	130	1.4	490
畢星團[4]		金牛	4 14.1	+15 23	P	400	4.0	100	—	120
1912	38	御夫	5 22.0	+35 44	P	20	9.7	100	7.4	2 800
2099	37	御夫	5 45.8	+32 31	P	20	9.7	150	6.2	2 700
2168	35	雙子	6 02.7	+24 21	P	40	9.0	120	5.3	2 700
2287	41	大熊	6 42.7	−20 38	P	30	9	50	4.6	1 300
2632[5]	44	巨蟹	8 34.3	+20 20	P	90	6.5	350	3.7	490
5272	3	獵犬	13 37.6	+28 53	III	9.8	14.2		6.4	40 000
5904	5	巨蛇	15 13.5	+ 2 27	III	12.7	14.0		6.2	35 000
6121	4	天蝎	16 17.5	−26 17	III	14.0	13.9		6.4	24 000
6205	13	武仙	16 38.1	+36 39	III	10.0	13.8		5.7	34 000
6218	12	蛇夫	16 42.0	− 1 46	III	9.3	14.0		6.6	36 000
6254	10	蛇夫	16 51.9	− 3 57	III	8.2	14.1		6.1	36 000
6341	92	武仙	17 14.1	+43 15	III	8.3	13.9		5.1	36 000
6494	23	人馬	17 51.0	−19 00	P	25	10.2	120	6.9	2 200
6611	16	巨蛇	18 13.2	−13 49	P	25	10.6	55	6.4	6 700
6656	22	人馬	18 30.3	−24 00	III	17.3	12.9		5.9	22 000
7078	15	飛馬	21 25.2	+11 44	III	7.4	14.3		6.0	43 000
7089	2	寶瓶	21 28.3	− 1 16	III	8.2	14.6		6.3	45 000
7092	39	天鵝	21 28.7	+47 59	P	30	6.5	25	5.2	1 000
7654	52	仙后	23 19.8	+61 03	P	12	11.0	120	7.3	4 400

M—梅西爾(Messier)星雲星團表號數；

N—疏散星團的星數；

m—疏散星團的5個最亮恆星或球狀星團25個恆星的平均星等；

總星等—星團全部恆星的亮度，以一個較亮恆星的星等表示。

1) 英仙座 λ (λ Per)。 2) 英仙座 χ (χ Per)。 3) Плеяды (Pleiades)。
4) Гиады (Hyades)。 5) 積尸增三 (Ясли)(Praesepe)。

表 LII　銀河瀰漫星雲（Д）,銀河行星狀星雲（П）和銀河暗星雲（T）表

NGC	M	星　座	α_{1900}	δ_{1900}	類　型	直　徑	m_n	m_w	距　離 以光年表示	名　稱
			h　m				m	m		
650	76	英　仙	1 35.7	+51°04′	П	2′.5	12.2	16.6	15 000	
1952	1	金　牛	5 28.5	+21 57	Д*	6	8.4	15.9	10 000	蟹狀星雲
1976	42	獵　戶	5 30.1	− 5 27	Д	60			1 800	獵戶座大星雲
B 33		獵　戶	5 35.5	− 2 31	T	4			300	馬頭星雲
2261		麒　麟	6 33.7	+ 8 50	Д	2				變星雲
2392		雙　子	7 23.3	+21 07	П	0.8	8.3	10.5	2 800	鼻星雲
2440		船　艫	7 37.5	−17 58	П	0.9	11.7	(16.5)	8 600	
3587	97	大　熊	11 09.7	+55 34	П	3.4	12.0	14.3	12 000	
B 72		蛇　夫	17 12.7	−23 33	T	20			400	S狀星雲
6514	20	人　馬	17 56.3	−23 02	Д	27		6.9	3 200	三葉星雲
6523	8	人　馬	17 58	−24 23	Д	60		6.8	3 600	
6543		天　龍	17 58.6	+66 38	П	0.4	8.8	11.1	3 500	
B 92		人　馬	18 9.8	−18 16	T	15				
6618	17	人　馬	18 15.0	−16 13	Д	45		8.9	3 000	馬蹄星雲
6720	57	天　琴	18 49.9	+32 54	П	1.4	9.3	14.7	5 100	環狀星雲
6826		天　鵝	19 42.1	+50 17	П	0.4	8.8	10.8	3 100	
6853	27	狐　狸	19 55.8	+22 27	П	8	7.6	13.4	3 400	啞鈴星雲
6960		天　鵝	20 41.5	+30 21	Д	60				網狀星雲
7000		天　鵝	20 55.2	+43 56	Д	100		1.33		北美洲星雲
7009		寶　瓶	20 58.7	−11 46	П	0.7	8.4	11.7	3 000	土星狀星雲
7662		仙　女	23 21.1	+41 59	П	0.3	9	13	3 900	

M—梅西爾星雲星團表號數，

m_n—星雲總星等，

m_w—行星狀星雲中央星星等，

B 33, B 72, B 92—巴納德黑暗星雲表號數。

* 1054 年超新星爆發後所產生。

表 LIII 明亮的河外星雲表

NGC	M	星座	α_{1900}	δ_{1900}	類型	大 小	總星等 m_B	距離以光年表示	視線速度 公里/秒
			時 分				m		
221	32	仙女	00 37.2	+40°19′	E	3′ × 2′	8.7	640 000	− 135
224	31	仙女	00 37.2	+41 43	Sb	450 × 110	4.8	670 000	− 220
598	33	三角	01 28.2	+30 09	Sc	60 × 40	6.7	750 000	− 70
3031	81	大熊	09 47.3	+69 32	Sb	16 × 10	7.9	2 400 000	− 30
3034	82	大熊	09 47.6	+70 10	I	7 × 2	8.8	2 600 000	+ 290
3368	96	獅子	10 41.5	+12 21	Sa	7 × 4	9.1	5 700 000	+ 940
3623	65	獅子	11 13.7	+13 38	Sb	8 × 2	9.3	5 000 000	+ 800
3627	66	獅子	11 15.0	+13 32	Sb	8 × 3	8.4	4 300 000	+ 650
4258		獵犬	12 14.0	+47 52	Sb	20 × 6	8.6	4 600 000	+ 500
4374	84	室女	12 20.0	+13 26	E	3 × 3	9.3	6 000 000	+ 1050
4382	85	后髮	12 20.4	+18 44	E	4 × 2	9.3	3 700 000	+ 500
4472	49	室女	12 24.7	+08 32	E	5 × 4	8.6	5 700 000	+ 850
4565		后髮	12 31.4	+26 32	Sb	15 × 1	10.2	7 600 000	+ 1100
4594		室女	12 34.8	−11 04	Sa	7 × 2	8.7	7 200 000	+ 1140
4649	60	室女	12 38.6	+12 06	E	4 × 3	8.9	7 500 000	+ 1090
4736	94	獵犬	12 46.2	+41 40	Sb	5 × 4	7.9	3 000 000	+ 290
4826	64	后髮	12 51.8	+22 14	Sb	8 × 4	8.8	1 300 000	+ 150
5005		獵犬	13 06.2	+37 36	Sc	5 × 2	9.8	6 600 000	+ 900
5055	63	獵犬	13 11.3	+42 34	Sb	8 × 3	9.5	3 600 000	+ 450
5194	51	獵犬	13 25.7	+47 43	Sc	12 × 6	8.1	3 000 000	+ 250
5236	83	長蛇	13 31.4	−29 21	Sc	10 × 8	10	2 900 000	+ 500
6822		人馬	19 39.6	−14 46	I	20 × 10	11	530 000	− 150
7331		飛馬	22 32.5	+33 44	Sb	9 × 2	9.7	5 200 000	+ 500

表 LIV 甲　化赤道坐標爲銀道坐標用表(北半球)

α \ δ	+90° l	+90° b	+80° l	+80° b	+70° l	+70° b	+60° l	+60° b	+50° l	+50° b	+40° l	+40° b	+30° l	+30° b	+20° l	+20° b	+10° l	+10° b	0° l	0° b
时 分	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0 0	90	+28	88	+18	87	+8	85	−2	83	−12	82	−21	80	−31	78	−41	74	−51	69	−60
20	90	+28	89	+18	88	+8	88	−2	87	−12	86	−22	85	−32	84	−42	82	−52	79	−62
40	90	+28	90	+18	90	+8	90	−2	90	−12	90	−22	90	−32	90	−42	90	−52	90	−62
1 0	90	+28	91	+18	92	+8	92	−2	93	−12	94	−22	95	−32	96	−42	98	−52	101	−62
20	90	+28	92	+18	93	+8	95	−2	97	−11	98	−21	100	−31	102	−41	106	−51	111	−60
40	90	+28	93	+18	95	+9	97	−1	100	−11	102	−21	103	−30	108	−40	113	−49	120	−59
2 0	90	+28	94	+19	97	+9	100	0	103	−10	106	−19	110	−29	114	−38	120	−47	128	−56
20	90	+28	94	+19	98	+10	102	0	106	−9	110	−18	114	−27	120	−35	126	−45	135	−53
40	90	+28	95	+19	100	+10	104	+1	109	−8	114	−16	119	−25	124	−34	132	−42	141	−50
3 0	90	+28	96	+20	102	+11	107	+3	112	−6	117	−15	123	−23	129	−31	137	−39	146	−47
20	90	+28	97	+20	103	+12	109	+4	114	−4	120	−12	126	−21	133	−28	141	−36	151	−43
40	90	+28	98	+21	104	+13	111	+5	117	−2	123	−10	130	−18	137	−25	145	−32	155	−39
4 0	90	+28	98	+21	106	+14	113	+7	120	0	126	−8	133	−15	141	−22	149	−29	158	−35
20	90	+28	99	+22	107	+16	114	+9	122	+2	129	−5	136	−12	144	−18	152	−25	162	−30
40	90	+28	99	+23	118	+17	116	+11	124	+4	132	−2	139	−8	147	−15	156	−21	165	−26
5 0	90	+28	100	+23	109	+18	118	+13	126	+7	134	+1	142	−5	150	−11	159	−17	168	−22
20	90	+28	100	+24	110	+20	119	+15	128	+10	136	+4	144	−2	153	−7	161	−12	170	−18
40	90	+28	101	+25	111	+21	120	+17	129	+12	138	+7	147	+2	155	−3	164	−8	173	−13
6 0	90	+28	101	+26	111	+23	121	+19	131	+15	140	+11	149	+6	158	+1	166	−4	175	−9
20	90	+28	101	+27	112	+25	122	+22	132	+18	142	+14	151	+10	160	+5	169	0	177	−4
40	90	+28	101	+28	112	+26	123	+24	134	+21	143	+18	153	+14	162	+9	171	+5	180	0
7 0	90	+28	101	+28	113	+28	124	+26	134	+24	145	+21	155	+18	164	+13	173	+9	182	+4

续表 LIV 甲

α (时 分) \ δ	+90° l b	+80° l b	+70° l b	+60° l b	+50° l b	+40° l b	+30° l b	+20° l b	+10° l b	0° l b
	° °	° °	° °	° °	° °	° °	° °	° °	° °	° °
7 0	90 +28	101 +28	113 +28	124 +26	134 +24	145 +21	155 +18	164 +13	173 + 9	182 + 4
20	90 +28	101 +29	113 +30	124 +29	135 +27	146 +25	156 +22	166 +18	176 +13	185 + 9
40	90 +28	101 +30	113 +31	124 +31	136 +30	147 +29	158 +26	168 +22	178 +18	187 +13
8 0	90 +28	101 +31	113 +33	124 +34	137 +34	148 +32	160 +30	170 +26	180 +22	190 +18
20	90 +28	101 +32	112 +35	124 +36	137 +37	149 +36	161 +34	172 +31	183 +27	192 +22
40	90 +28	100 +33	112 +36	124 +39	137 +40	150 +40	162 +38	174 +35	185 +31	195 +26
9 0	90 +28	100 +33	111 +38	123 +41	137 +43	150 +44	164 +42	176 +40	188 +35	198 +30
20	90 +28	99 +34	110 +39	122 +44	136 +46	150 +47	165 +47	179 +44	191 +40	202 +35
40	90 +28	99 +35	109 +41	120 +46	134 −50	150 +51	166 +51	181 +48	194 +44	205 +39
10 0	90 +28	98 +35	107 +42	119 +48	133 +53	149 +55	167 +55	183 +53	198 +48	209 +43
20	90 +28	97 +36	106 +44	116 +50	130 +55	148 +59	168 +59	187 +57	202 +52	214 +46
40	90 +28	96 +36	104 +45	114 +52	128 +58	146 +63	168 +63	190 +62	207 +57	219 +50
11 0	90 +28	95 +37	102 +46	111 +54	123 +61	142 +66	169 +68	194 +66	213 +60	226 +53
20	90 +28	94 +37	100 +46	107 +55	119 +63	139 +70	169 +72	199 +70	220 +64	232 +56
40	90 +28	93 +38	97 +47	103 +56	113 +65	130 +73	167 +77	209 +74	230 +67	241 +58
12 0	90 +28	92 +38	95 +48	99 +57	106 +67	122 +75	165 +81	219 +78	240 +70	249 +60
20	90 +28	91 +38	93 +48	95 +58	98 +67	108 +77	153 +85	245 +80	255 +71	260 +61
40	90 +28	90 +38	90 +48	90 +58	90 +68	90 +78	90 +88	270 +82	270 +72	270 +62
13 0	90 +28	89 +38	87 +48	85 +58	82 +67	72 +77	27 +85	295 +80	285 +71	280 +61
20	90 +28	88 +38	85 +48	81 +57	74 +67	58 +75	15 +81	321 +78	300 +70	291 +60
40	90 +28	87 +38	83 +47	77 +56	67 +65	50 +73	13 +77	331 +74	310 +67	299 +58
14 0	90 +28	86 +37	80 +46	73 +55	61 +63	41 +70	11 +72	341 +70	320 +64	308 +56
20	90 +28	85 +37	78 +46	69 +54	57 +61	38 +66	11 +68	346 +66	327 +60	314 +53
40	90 +28	84 +36	76 +45	66 +52	52 +58	34 +63	12 +64	350 +62	333 +57	321 +50
15 0	90 +28	83 +36	74 +44	64 +50	50 +55	32 +59	12 +59	353 +57	338 +52	326 +46

續表 LIV 甲

α \ δ		+90° l	+90° b	+80° l	+80° b	+70° l	+70° b	+60° l	+60° b	+50° l	+50° b	+40° l	+40° b	+30° l	+30° b	+20° l	+20° b	+10° l	+10° b	0° l	0° b
時	分	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
15	0	90	+28	83	+36	74	+44	64	+50	50	+55	32	+59	12	+59	353	+57	338	+52	320	+46
	20	90	+28	82	+35	73	+42	61	+48	47	+53	31	+55	13	+55	357	+53	342	+48	331	+43
	40	90	+28	81	+35	71	+41	60	+46	46	+50	30	+51	14	+51	359	+48	346	+44	335	+39
16	0	90	+28	81	+31	70	+39	58	+41	44	+46	30	+47	15	+47	1	+44	349	+40	338	+35
	20	90	+28	80	+33	69	+38	57	+41	43	+43	30	+44	16	+42	4	+40	352	+35	342	+30
	40	90	+28	80	+33	68	+36	56	+39	43	+40	30	+40	18	+38	6	+35	355	+31	345	+26
17	0	90	+28	79	+32	68	+35	56	+36	43	+37	31	+36	19	+34	8	+31	357	+27	348	+22
	20	90	+28	79	+31	67	+33	56	+34	43	+34	32	+32	20	+30	10	+26	0	+22	350	+18
	40	90	+28	79	+30	67	+31	56	+31	44	+30	33	+29	22	+26	12	+22	2	+18	353	+13
18	0	90	+28	79	+29	67	+30	56	+29	45	+27	34	+25	24	+22	14	+18	4	+13	355	+9
	20	90	+28	79	+28	67	+28	56	+26	46	+24	35	+21	25	+18	16	+13	7	+9	358	+4
	40	90	+28	79	+28	68	+26	57	+24	46	+21	37	+18	27	+14	18	+9	9	+5	0	0
19	0	90	+28	79	+27	68	+25	58	+22	48	+18	38	+14	29	+10	20	+5	11	0	3	−4
	20	90	+28	79	+26	69	+23	59	+19	49	+15	40	+11	31	+6	22	+1	14	−4	5	−9
	40	90	+28	79	+25	69	+21	60	+17	51	+12	42	+7	33	+2	25	−3	16	−8	7	−13
20	0	90	+28	80	+24	70	+20	61	+15	52	+10	44	+4	36	−2	27	−7	19	−12	10	−18
	20	90	+28	80	+23	71	+18	62	+13	54	+7	46	+1	38	−5	30	−11	21	−17	12	−22
	40	90	+28	81	+23	72	+17	64	+11	56	+4	48	−2	41	−8	33	−15	24	−21	15	−26
21	0	90	+28	81	+22	73	+16	66	+9	58	+2	51	−5	44	−12	36	−18	28	−25	18	−30
	20	90	+28	82	+21	74	+14	67	+7	60	0	54	−8	47	−15	39	−22	31	−29	22	−35
	40	90	+28	82	+21	76	+13	69	+5	63	−2	57	−10	50	−18	43	−25	35	−32	25	−39
22	0	90	+28	83	+20	77	+12	71	+4	66	−4	60	−12	54	−21	47	−28	39	−36	29	−43
	20	90	+28	84	+20	78	+11	73	+3	68	−6	63	−15	57	−23	51	−31	48	−39	34	−47
	40	90	+28	85	+19	80	+10	76	+1	71	−8	66	−16	61	−25	56	−34	44	−42	39	−50
23	0	90	+28	86	+19	82	+10	78	0	74	−9	70	−18	66	−27	60	−36	50	−45	45	−53
	20	90	+28	86	+19	83	+9	80	0	77	−10	74	−19	70	−29	66	−38	67	−47	52	−56
	40	90	+28	87	+18	85	+9	83	−1	80	−11	78	−21	75	−30	72	−40	63	−49	60	−59

表 LIV 乙　化赤道坐標爲銀道坐標用表(南半球)

δ \ α	0°		−10°		−20°		−30°		−40°		−50°		−60°		−70°		−80°		−90°	
	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b
時 分	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0 0	69	−60	60	−70	39	−78	345	−81	302	−75	286	−67	279	−57	275	−48	272	−38	270	−28
20	80	−61	75	−71	65	−80	333	−85	288	−77	278	−67	275	−58	273	−48	271	−38	270	−28
40	90	−62	90	−72	90	−82	270	−88	270	−78	270	−68	270	−58	270	−48	270	−38	270	−28
1 0	100	−61	105	−71	115	−80	207	−85	252	−77	262	−67	265	−58	267	−48	269	−38	270	−28
20	111	−60	120	−70	141	−78	195	−81	238	−75	254	−67	261	−57	265	−48	268	−38	270	−28
40	119	−58	130	−67	151	−74	193	−77	230	−73	247	−65	257	−56	263	−47	267	−38	270	−28
2 0	128	−56	140	−64	161	−70	191	−72	221	−70	241	−63	253	−55	260	−46	266	−37	270	−28
20	134	−53	147	−60	166	−66	191	−68	218	−66	237	−61	249	−54	258	−46	265	−37	270	−28
40	141	−50	153	−57	170	−62	192	−64	214	−63	232	−58	246	−52	256	−45	264	−37	270	−28
3 0	146	−46	158	−52	173	−57	192	−59	212	−59	230	−55	244	−50	254	−44	263	−36	270	−28
20	151	−43	162	−48	177	−53	193	−55	211	−55	227	−53	241	−48	253	−42	262	−35	270	−28
40	155	−39	166	−44	179	−48	194	−51	210	−51	226	−50	240	−46	251	−41	261	−35	270	−28
4 0	158	−35	169	−40	181	−44	195	−47	210	−47	224	−46	238	−44	250	−39	261	−34	270	−28
20	162	−30	172	−35	184	−40	196	−42	210	−42	223	−43	237	−41	249	−33	260	−33	270	−28
40	165	−26	175	−31	186	−35	198	−38	210	−40	223	−40	236	−39	248	−36	260	−33	270	−28
5 0	168	−22	177	−27	188	−31	199	−34	211	−36	223	−37	236	−36	248	−35	259	−32	270	−28
20	170	−18	180	−22	190	−26	200	−30	212	−32	223	−34	236	−34	247	−33	259	−31	270	−28
40	173	−13	182	−18	192	−22	202	−26	213	−29	224	−30	236	−31	247	−31	259	−30	270	−28
6 0	175	−9	184	−13	194	−18	204	−22	214	−25	225	−27	236	−29	247	−30	259	−29	270	−28
20	178	−4	187	−9	196	−13	205	−18	215	−21	226	−24	236	−26	247	−28	259	−28	270	−28
40	180	0	189	−5	198	−9	207	−14	217	−18	226	−21	237	−24	248	−26	259	−28	270	−28
7 0	183	+4	191	0	200	−5	209	−10	218	−14	228	−18	238	−22	248	−25	259	−27	270	−28

續表 LIV 乙

α \ δ		0°		−10°		−20°		−30°		−40°		−50°		−60°		−70°		−80°		−90°	
		l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b	l	b
時	分	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
7	0	183	+4	191	0	200	−5	209	−10	218	−14	228	−18	238	−22	248	−25	259	−27	270	−28
	20	185	+9	194	+4	202	−1	211	−6	220	−11	229	−15	239	−19	249	−23	259	−26	270	−28
	40	187	+13	196	+8	205	+3	213	−2	222	7	231	12	240	−17	249	−21	259	−25	270	−28
8	0	190	+18	199	+12	207	+7	216	+2	224	−4	232	−10	241	−15	250	−20	260	−24	270	−28
	20	192	+22	201	+17	210	+11	218	+5	226	−1	234	−7	242	−13	251	−18	260	−23	270	−28
	40	195	+26	204	+21	213	+15	221	+8	228	+2	236	−4	244	−11	252	−17	261	−23	270	−28
9	0	198	+30	208	+25	216	+18	224	+12	231	+5	238	−2	246	−9	253	−16	261	−22	270	−28
	20	202	+35	211	+29	219	+22	227	+15	234	+8	240	0	247	−7	254	−14	262	−21	270	−28
	40	205	+39	215	+32	223	+25	230	+18	237	+10	243	+2	249	−5	256	−13	262	−21	270	28
10	0	209	+43	219	+36	227	+28	234	+21	240	+12	246	+4	251	−4	257	−12	263	−20	270	−28
	20	214	+47	223	+39	231	+31	237	+23	243	+15	248	+6	253	−3	258	−11	264	−20	270	28
	40	219	+50	228	+42	236	+34	241	+25	246	+16	251	+8	256	−1	260	−10	265	−19	270	−28
11	0	225	+53	234	+45	240	+36	246	+27	250	+18	254	+9	258	0	262	−10	266	−19	270	−28
	20	232	+56	240	+47	244	+38	250	+29	254	+19	257	+10	260	0	263	−9	266	−19	270	−28
	40	240	+59	247	+49	252	+40	255	+30	258	+21	260	+11	263	+1	265	−9	267	−18	270	−28
12	0	249	+60	252	+51	258	+41	260	+31	262	+21	263	+11	265	+2	267	−8	268	−18	270	−28
	20	259	+62	262	+52	264	+42	265	+32	266	+22	267	+12	268	+2	268	−8	269	−18	270	−28
	40	270	+62	270	+52	270	+42	270	+32	270	+22	270	+12	270	+2	270	−8	270	−18	270	−28
13	0	281	+62	278	+51	276	+42	275	+32	274	+22	273	+12	272	+2	272	−8	271	−18	270	−28
	20	291	+60	286	+51	282	+41	280	+31	278	+21	277	+11	275	+2	273	−8	272	−18	270	−28
	40	300	+59	293	+49	288	+40	285	+30	282	+21	280	+11	277	+1	275	−9	273	−18	270	−28
14	0	308	+56	300	+47	294	+38	290	+29	286	+19	283	+10	280	0	277	−9	274	−19	270	−28
	20	315	+53	306	+45	300	+36	294	+27	290	+18	286	+9	282	0	278	−10	274	−19	270	−28
	40	321	+50	312	+42	304	+34	299	+25	294	+16	289	+8	284	−1	280	−10	275	−19	270	−28
15	0	326	+47	317	+39	309	+31	303	+23	297	+15	292	+6	287	−3	282	−11	276	−20	270	−28

續表LIV乙

a 時	分	0° l	0° b	—10° l	—10° b	—20° l	—20° b	—30° l	—30° b	—40° l	—40° b	—50° l	—50° b	—60° l	—60° b	—70° l	—70° b	—80° l	—80° b	—90° l	—90° b
		°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
15	0	326	+47	317	+39	309	+31	303	+23	297	+15	292	+6	287	—3	282	—11	276	—20	270	—28
	20	331	+43	321	+36	313	+28	306	+21	300	+12	294	+4	289	—4	283	—12	277	—20	270	—28
	40	335	+39	325	+32	317	+25	310	+18	303	+10	297	+2	291	—5	284	—13	278	—21	270	—28
16	0	338	+35	329	+29	321	+22	313	+15	306	+8	300	0	293	—7	286	—14	278	—21	270	—28
	20	342	+30	332	+25	324	+18	316	+12	309	+5	302	—2	294	—9	287	—16	279	—22	270	—28
	40	345	+26	336	+21	327	+15	319	+8	312	+2	304	—4	296	—11	288	—17	279	—22	270	—28
17	0	348	+22	339	+17	330	+11	322	+5	314	—1	306	—7	298	—13	289	—18	280	—23	270	—28
	20	350	+18	341	+12	333	+7	324	+2	316	—4	308	—10	299	—15	290	—20	280	—24	270	—28
	40	353	+13	344	+8	335	+3	327	—2	318	—7	309	—12	300	—17	291	—21	281	—25	270	—28
18	0	355	+9	346	+4	338	—1	329	—6	320	—11	311	—15	301	—19	291	—23	281	—26	270	—28
	20	357	+4	349	0	340	—5	331	—10	322	—14	312	—18	302	—22	292	—25	281	—27	270	—28
	40	0	0	351	—5	342	—9	333	—14	323	—18	314	—21	303	—24	292	—26	281	—28	270	—28
19	0	2	—4	352	—9	344	—13	335	—18	325	—21	314	—24	304	—26	293	—28	281	—28	270	—28
	20	5	—9	356	—13	346	—18	336	—22	326	—25	315	—27	304	—29	293	—30	281	—29	270	—28
	40	7	—13	358	—18	348	—22	338	—26	327	—29	316	—30	304	—31	293	—31	281	—30	270	—28
20	0	10	—18	0	—22	350	—26	340	—30	328	—32	317	—34	304	—34	293	—33	281	—31	270	—28
	20	12	—22	3	—27	352	—31	341	—34	329	—36	317	—37	304	—36	292	—35	281	—32	270	—28
	40	15	—26	5	—31	354	—35	342	—38	330	—40	317	—40	304	—39	292	—36	280	—33	270	—28
21	0	18	—30	8	—35	356	—40	342	—42	330	—42	317	—43	303	—41	291	—38	280	—33	270	—28
	20	22	—35	11	—40	359	—44	345	—47	330	—47	316	—46	302	—44	290	—39	279	—33	270	—28
	40	25	—39	14	—44	1	—48	346	—51	330	—51	314	—50	300	—46	289	—41	279	—35	270	—28
22	0	29	—43	18	—48	3	—53	347	—55	329	—55	313	—53	299	—48	287	—42	278	—35	270	—28
	20	34	—46	22	—52	7	—57	348	—59	328	—59	310	—55	296	—50	286	—44	277	—36	270	—28
	40	39	—50	27	—57	10	—62	348	—64	326	—63	308	—58	294	—52	284	—45	276	—36	270	—28
23	0	46	—53	33	—60	14	—66	349	—68	322	—66	303	—61	291	—54	282	—46	275	—37	270	—28
	20	52	—56	40	—64	19	—70	349	—72	319	—70	299	—63	287	—55	280	—46	274	—39	270	—28
	40	61	—58	50	—67	29	—74	347	—77	310	—73	293	—65	283	—56	277	—47	273	—38	270	—28

表 LV 以時間表示角度的正弦和餘弦眞値表

正　弦

	0時	1時	2時	3時	4時	5時	
0分	0.000	0.259	0.500	0.707	0.866	0.966	60
1	0.004	0.263	0.504	0.710	0.868	0.967	59
2	0.009	0.267	0.508	0.713	0.870	0.968	58
3	0.013	0.271	0.511	0.716	0.872	0.969	57
4	0.017	0.276	0.515	0.719	0.875	0.970	56
5	0.022	0.280	0.519	0.722	0.877	0.971	55
6	0.026	0.284	0.522	0.725	0.879	0.972	54
7	0.031	0.288	0.526	0.728	0.881	0.973	53
8	0.035	0.292	0.530	0.731	0.883	0.974	52
9	0.039	0.297	0.534	0.734	0.885	0.975	51
10	0.044	0.301	0.537	0.737	0.887	0.976	50
11	0.048	0.305	0.541	0.740	0.889	0.977	49
12	0.052	0.309	0.545	0.743	0.891	0.978	48
13	0.057	0.313	0.548	0.746	0.893	0.979	47
14	0.061	0.317	0.552	0.749	0.895	0.980	46
15	0.065	0.321	0.556	0.752	0.897	0.981	45
16	0.070	0.326	0.559	0.755	0.899	0.982	44
17	0.074	0.330	0.563	0.758	0.901	0.982	43
18	0.078	0.334	0.566	0.760	0.903	0.983	42
19	0.083	0.338	0.570	0.763	0.904	0.984	41
20	0.087	0.342	0.574	0.766	0.906	0.985	40
21	0.092	0.346	0.577	0.769	0.908	0.986	39
22	0.096	0.350	0.581	0.772	0.910	0.986	38
23	0.100	0.354	0.584	0.774	0.912	0.987	37
24	0.105	0.358	0.588	0.777	0.914	0.988	36
25	0.109	0.362	0.591	0.780	0.916	0.988	35
26	0.113	0.367	0.595	0.783	0.917	0.989	34
27	0.118	0.371	0.598	0.785	0.919	0.990	33
28	0.122	0.375	0.602	0.788	0.921	0.990	32
29	0.126	0.379	0.605	0.791	0.922	0.991	31
30	0.131	0.383	0.609	0.793	0.924	0.991	30
31	0.135	0.387	0.612	0.796	0.926	0.992	29
32	0.139	0.391	0.616	0.799	0.927	0.993	28
33	0.143	0.395	0.619	0.801	0.929	0.993	27
34	0.148	0.399	0.623	0.804	0.930	0.994	26
35	0.152	0.403	0.626	0.806	0.932	0.994	25
36	0.156	0.407	0.629	0.809	0.934	0.995	24
37	0.161	0.411	0.633	0.812	0.935	0.995	23
38	0.165	0.415	0.636	0.814	0.937	0.995	22
39	0.169	0.419	0.639	0.817	0.938	0.996	21
40	0.174	0.423	0.643	0.819	0.940	0.996	20
41	0.178	0.427	0.646	0.822	0.941	0.997	19
42	0.182	0.431	0.649	0.824	0.943	0.997	18
43	0.187	0.434	0.653	0.827	0.944	0.997	17
44	0.191	0.438	0.656	0.829	0.946	0.998	16
45	0.195	0.442	0.659	0.831	0.947	0.998	15
46	0.199	0.446	0.663	0.834	0.948	0.998	14
47	0.204	0.450	0.666	0.836	0.950	0.998	13
48	0.208	0.454	0.669	0.839	0.951	0.999	12
49	0.212	0.458	0.672	0.841	0.952	0.999	11
50	0.216	0.462	0.676	0.843	0.954	0.999	10
51	0.221	0.466	0.679	0.846	0.955	0.999	9
52	0.225	0.469	0.682	0.848	0.956	0.999	8
53	0.229	0.473	0.685	0.850	0.958	1.000	7
54	0.233	0.477	0.688	0.853	0.959	1.000	6
55	0.238	0.481	0.692	0.855	0.960	1.000	5
56	0.242	0.485	0.695	0.857	0.961	1.000	4
57	0.246	0.489	0.698	0.859	0.962	1.000	3
58	0.250	0.492	0.701	0.862	0.964	1.000	2
59	0.255	0.496	0.704	0.864	0.965	1.000	1
60	0.259	0.500	0.707	0.866	0.966	1.000	0分
	5時	4時	3時	2時	1時	0時	

餘　弦

表LVI 三角函数的真值表

正弦

度	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0	0.0000	0029	0058	0087	0116	0145	0175	89
1	0175	0204	0233	0252	0291	0320	0349	88
2	0349	0378	0407	0436	0465	0494	0523	87
3	0523	0552	0581	0610	0640	0669	0698	86
4	0698	0727	0756	0785	0814	0843	0872	85
5	0.0872	0901	0926	0958	0987	1016	1045	84
6	1045	1074	1103	1132	1161	1190	1219	83
7	1219	1248	1276	1305	1334	1363	1392	82
8	1392	1421	1449	1478	1507	1536	1564	81
9	1564	1593	1622	1650	1679	1708	1736	80
10	0.1736	1765	1794	1822	1851	1880	1908	79
11	1908	1937	1965	1994	2022	2051	2079	78
12	2079	2108	2136	2164	2193	2221	2250	77
13	2250	2278	2306	2334	2363	2391	2419	76
14	2419	2447	2476	2504	2532	2560	2588	75
15	0.2588	2616	2644	2672	2700	2728	2756	74
16	2756	2784	2812	2840	2868	2896	2924	73
17	2924	2952	2979	3007	3035	3062	3090	72
18	3090	3118	3145	3173	3201	3228	3256	71
19	3256	3283	3311	3338	3365	3393	3420	70
20	0.3420	3448	3475	3502	3529	3557	3584	69
21	3584	3611	3638	3665	3692	3719	3746	68
22	3746	3773	3800	3827	3854	3881	3907	67
23	3907	3934	3961	3987	4014	4041	4067	66
24	4067	4094	4120	4147	4173	4200	4226	65
25	0.4226	4253	4279	4305	4331	4358	4384	64
26	4384	4410	4436	4462	4488	4514	4540	63
27	4540	4566	4592	4617	4643	4669	4695	62
28	4695	4720	4746	4772	4797	4823	4848	61
29	4848	4874	4899	4924	4950	4975	5000	60
30	0.5000	5025	5050	5075	5100	5125	5150	59
31	5150	5175	5200	5225	5250	5275	5299	58
32	5299	5324	5348	5373	5398	5422	5446	57
33	5446	5471	5495	5519	5544	5568	5592	56
34	5592	5616	5640	5664	5688	5712	5736	55
35	0.5736	5760	5783	5807	5831	5854	5878	54
36	5878	5901	5925	5948	5972	5995	6018	53
37	6018	6041	6065	6088	6111	6134	6157	52
38	6157	6180	6202	6225	6248	6271	6293	51
39	6293	6316	6338	6361	6383	6406	6428	50
40	0.6428	6450	6472	6494	6517	6539	6561	49
41	6561	6583	6604	6626	6648	6670	6691	48
42	6691	6713	6734	6756	6777	6799	6820	47
43	6820	6841	6862	6884	6905	6926	6947	46
44	6947	6967	6988	7009	7030	7050	7071	45
45	0.7071							
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	度

余弦

續表 LVI

正　弦

度	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
45	0.7071	7092	7112	7133	7153	7173	7193	44
46	7193	7214	7234	7254	7274	7294	7314	43
47	7314	7333	7353	7373	7392	7412	7431	42
48	7431	7451	7470	7490	7509	7528	7547	41
49	7547	7566	7585	7604	7623	7642	7660	40
50	0.7660	7679	7698	7716	7735	7753	7771	39
51	7771	7790	7808	7826	7844	7862	7880	38
52	7880	7898	7916	7934	7951	7969	7986	37
53	7986	8004	8021	8039	8056	8073	8090	36
54	8090	8107	8124	8141	8158	8175	8192	35
55	0.8192	8208	8225	8241	8258	8274	8290	34
56	8290	8307	8323	8339	8355	8371	8387	33
57	8387	8403	8418	8434	8450	8465	8480	32
58	8480	8496	8511	8526	8542	8557	8572	31
59	8572	8587	8601	8616	8631	8646	8660	30
60	0.8660	8675	8689	8704	8718	8732	8746	29
61	8746	8760	8774	8788	8802	8816	8829	28
62	8829	8843	8857	8870	8884	8897	8910	27
63	8910	8923	8936	8949	8962	8975	8988	26
64	8988	9001	9013	9026	9038	9051	9063	25
65	0.9063	9075	9088	9100	9112	9124	9135	24
66	9135	9147	9159	9171	9182	9194	9205	23
67	9205	9216	9228	9239	9250	9261	9272	22
68	9272	9283	9293	9304	9315	9325	9336	21
69	9336	9346	9356	9367	9377	9387	9397	20
70	0.9397	9407	9417	9426	9436	9446	9455	19
71	9455	9465	9474	9483	9492	9502	9511	18
72	9511	9520	9528	9537	9546	9555	9563	17
73	9563	9572	9580	9588	9596	9605	9613	16
74	9613	9621	9628	9636	9644	9652	9659	15
75	0.9659	9667	9674	9681	9689	9696	9703	14
76	9703	9710	9717	9724	9730	9737	9744	13
77	9744	9750	9757	9763	9769	9775	9781	12
78	9781	9787	9793	9799	9805	9811	9816	11
79	9816	9822	9827	9833	9838	9843	9848	10
80	0.9848	9853	9858	9863	9868	9872	9877	9
81	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	8
82	9903	9907	9911	9914	9918	9922	9925	7
83	9925	9929	9932	9936	9939	9942	9945	6
84	9945	9948	9951	9954	9957	9959	9962	5
85	0.9962	9964	9967	9969	9971	9974	9976	4
86	9976	9978	9980	9981	9983	9985	9986	3
87	9986	9988	9989	9990	9992	9993	9994	2
88	9994	9995	9996	9997	9997	9998	9998	1
89	9998	9999	9999	*0000	*0000	*0000	*0000	0
90	1.0000							
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	度

餘　弦

續表 LVI

正　切

度	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0	0.0000	0029	0058	0087	0116	0145	0175	89
1	0175	0204	0233	0262	0291	0320	0349	88
2	0349	0378	0407	0437	0466	0495	0524	87
3	0524	0553	0582	0612	0641	0670	0699	86
4	0699	0729	0758	0787	0816	0846	0875	85
5	0.0875	0904	0934	0963	0992	1022	1051	84
6	1051	1080	1110	1139	1169	1198	1228	83
7	1228	1257	1287	1317	1346	1376	1405	82
8	1405	1435	1465	1495	1524	1554	1584	81
9	1584	1614	1644	1673	1703	1733	1763	80
10	0.1763	1793	1823	1853	1883	1914	1944	79
11	1944	1974	2004	2035	2065	2095	2126	78
12	2126	2156	2186	2217	2247	2278	2309	77
13	2309	2339	2370	2401	2432	2462	2493	76
14	2493	2524	2555	2586	2617	2648	2679	75
15	0.2679	2711	2742	2773	2805	2836	2867	74
16	2867	2899	2931	2962	2994	3026	3057	73
17	3057	3089	3121	3153	3185	3217	3249	72
18	3249	3281	3314	3346	3378	3411	3443	71
19	3443	3476	3508	3541	3574	3607	3640	70
20	0.3640	3673	3706	3739	3772	3805	3839	69
21	3839	3872	3906	3939	3973	4006	4040	68
22	4040	4074	4108	4142	4176	4210	4245	67
23	4245	4279	4314	4348	4383	4417	4452	66
24	4452	4487	4522	4557	4592	4628	4663	65
25	0.4663	4699	4734	4770	4806	4841	4877	64
26	4877	4913	4950	4986	5022	5059	5095	63
27	5095	5132	5169	5206	5243	5280	5317	62
28	5317	5354	5392	5430	5467	5505	5543	61
29	5543	5581	5619	5658	5696	5735	5774	60
30	0.5774	5812	5851	5890	5930	5969	6009	59
31	6009	6048	6088	6128	6168	6208	6249	58
32	6249	6289	6330	6371	6412	6453	6494	57
33	6494	6536	6577	6619	6661	6703	6745	56
34	6745	6787	6830	6873	6916	6959	7002	55
35	0.7002	7046	7089	7133	7177	7221	7265	54
36	7265	7310	7355	7400	7445	7490	7536	53
37	7536	7581	7627	7673	7720	7766	7813	52
38	7813	7860	7907	7954	8002	8050	8098	51
39	8098	8146	8195	8243	8292	8342	8391	50
40	0.8391	8441	8491	8541	8591	8642	8693	49
41	8693	8744	8796	8847	8899	8952	9004	48
42	9004	9057	9110	9163	9217	9271	9325	47
43	9325	9380	9435	9490	9545	9601	9657	46
44	9657	9713	9770	9827	9884	9942	*0000	45
45	1.0000							
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	度

餘　切

續表 LVI

正　切

度	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
45	1.000	1.006	1.012	1.018	1.024	1.030	1.036	44
46	1.036	1.042	1.048	1.054	1.060	1.066	1.072	43
47	1.072	1.079	1.085	1.091	1.098	1.104	1.111	42
48	1.111	1.117	1.124	1.130	1.137	1.144	1.150	41
49	1.150	1.157	1.164	1.171	1.178	1.185	1.192	40
50	1.192	1.199	1.206	1.213	1.220	1.228	1.235	39
51	1.235	1.242	1.250	1.257	1.265	1.272	1.280	38
52	1.280	1.288	1.295	1.303	1.311	1.319	1.327	37
53	1.327	1.335	1.343	1.351	1.360	1.368	1.376	36
54	1.376	1.385	1.393	1.402	1.411	1.419	1.428	35
55	1.428	1.437	1.446	1.455	1.464	1.473	1.483	34
56	1.483	1.492	1.501	1.511	1.520	1.530	1.540	33
57	1.540	1.550	1.560	1.570	1.580	1.590	1.600	32
58	1.600	1.612	1.621	1.632	1.643	1.653	1.664	31
59	1.664	1.675	1.686	1.698	1.709	1.720	1.732	30
60	1.732	1.744	1.756	1.767	1.780	1.792	1.804	29
61	1.804	1.816	1.829	1.842	1.855	1.868	1.881	28
62	1.881	1.894	1.907	1.921	1.935	1.949	1.963	27
63	1.963	1.977	1.991	2.006	2.020	2.035	2.050	26
64	2.050	2.066	2.081	2.097	2.112	2.128	2.145	25
65	2.145	2.161	2.177	2.194	2.211	2.229	2.246	24
66	2.246	2.264	2.282	2.300	2.318	2.337	2.356	23
67	2.356	2.375	2.394	2.414	2.434	2.455	2.475	22
68	2.475	2.496	2.517	2.539	2.560	2.583	2.605	21
69	2.605	2.628	2.651	2.675	2.699	2.723	2.747	20
70	2.747	2.773	2.798	2.824	2.850	2.877	2.904	19
71	2.904	2.932	2.960	2.989	3.018	3.047	3.078	18
72	3.078	3.108	3.140	3.172	3.204	3.237	3.271	17
73	3.271	3.305	3.340	3.376	3.412	3.450	3.487	16
74	3.487	3.526	3.566	3.606	3.647	3.689	3.732	15
75	3.732	3.776	3.821	3.867	3.914	3.962	4.011	14
76	4.011	4.061	4.113	4.165	4.219	4.275	4.331	13
77	4.331	4.390	4.449	4.511	4.574	4.638	4.705	12
78	4.705	4.773	4.843	4.915	4.989	5.066	5.145	11
79	5.145	5.226	5.309	5.396	5.485	5.576	5.671	10
80	5.671	5.769	5.871	5.976	6.084	6.197	6.314	9
81	6.314	6.435	6.561	6.691	6.827	6.968	7.115	8
82	7.115	7.269	7.429	7.596	7.770	7.953	8.144	7
83	8.144	8.345	8.556	8.777	9.010	9.255	9.514	6
84	9.514	9.788	10.078	10.385	10.712	11.059	11.430	5
85	11.430	11.826	12.251	12.706	13.197	13.727	14.301	4
86	14.301	14.924	15.605	16.350	17.169	18.075	19.081	3
87	19.081	20.206	21.470	22.904	24.542	26.432	28.636	2
88	28.636	31.242	34.368	38.188	42.964	49.104	57.290	1
89	57.290	68.750	85.940	114.59	171.89	343.77	∞	0
90	∞							
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	度

餘　切

續表 LVI

正割

度	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	89
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	88
2	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	87
3	1.001	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	86
4	1.002	1.003	1.003	1.003	1.003	1.004	1.004	85
5	1.004	1.004	1.004	1.005	1.005	1.006	1.006	84
6	1.006	1.006	1.006	1.006	1.007	1.007	1.008	83
7	1.008	1.008	1.008	1.009	1.009	1.009	1.010	82
8	1.010	1.011	1.011	1.011	1.012	1.012	1.012	81
9	1.013	1.013	1.013	1.014	1.014	1.015	1.015	80
10	1.016	1.016	1.017	1.018	1.018	1.019	1.019	79
11	1.019	1.019	1.020	1.020	1.021	1.022	1.022	78
12	1.022	1.023	1.024	1.024	1.025	1.026	1.026	77
13	1.026	1.027	1.028	1.028	1.029	1.030	1.031	76
14	1.031	1.031	1.032	1.033	1.034	1.034	1.035	75
15	1.035	1.036	1.037	1.038	1.039	1.039	1.040	74
16	1.040	1.041	1.042	1.043	1.044	1.045	1.046	73
17	1.046	1.047	1.048	1.049	1.049	1.050	1.051	72
18	1.051	1.052	1.053	1.054	1.056	1.057	1.058	71
19	1.058	1.059	1.060	1.061	1.062	1.063	1.064	70
20	1.064	1.065	1.066	1.068	1.069	1.070	1.071	69
21	1.071	1.072	1.074	1.075	1.076	1.077	1.079	68
22	1.079	1.080	1.081	1.082	1.084	1.085	1.086	67
23	1.086	1.088	1.089	1.090	1.092	1.093	1.095	66
24	1.095	1.096	1.097	1.099	1.100	1.102	1.103	65
25	1.103	1.105	1.106	1.108	1.109	1.111	1.113	64
26	1.113	1.114	1.116	1.117	1.119	1.121	1.122	63
27	1.122	1.124	1.126	1.127	1.129	1.131	1.132	62
28	1.132	1.134	1.136	1.138	1.140	1.142	1.143	61
29	1.143	1.145	1.147	1.149	1.151	1.153	1.155	60
30	1.155	1.157	1.159	1.161	1.163	1.165	1.167	59
31	1.167	1.169	1.171	1.173	1.175	1.177	1.179	58
32	1.179	1.181	1.184	1.186	1.188	1.190	1.192	57
33	1.192	1.195	1.197	1.199	1.202	1.204	1.206	56
34	1.206	1.209	1.211	1.213	1.216	1.218	1.221	55
35	1.221	1.223	1.226	1.228	1.231	1.233	1.236	54
36	1.236	1.239	1.241	1.244	1.247	1.249	1.252	53
37	1.252	1.255	1.258	1.260	1.263	1.266	1.269	52
38	1.269	1.272	1.275	1.278	1.281	1.284	1.287	51
39	1.287	1.290	1.293	1.296	1.299	1.302	1.305	50
40	1.305	1.309	1.312	1.315	1.318	1.322	1.325	49
41	1.325	1.328	1.332	1.335	1.339	1.342	1.346	48
42	1.346	1.349	1.353	1.356	1.360	1.364	1.367	47
43	1.367	1.371	1.375	1.379	1.382	1.386	1.390	46
44	1.390	1.394	1.398	1.402	1.406	1.410	1.414	45
45	1.414	1.418	1.423	1.427	1.431	1.435	1.440	44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	度

餘割

續表 LVI

正　割

度	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45	1.414	1.418	1.423	1.427	1.431	1.435	1.440	44
46	1.440	1.444	1.448	1.453	1.457	1.462	1.466	43
47	1.466	1.471	1.476	1.480	1.485	1.490	1.494	42
48	1.494	1.499	1.504	1.509	1.514	1.519	1.524	41
49	1.524	1.529	1.535	1.540	1.545	1.550	1.556	40
50	1.556	1.561	1.567	1.572	1.578	1.583	1.589	39
51	1.589	1.595	1.601	1.606	1.612	1.618	1.624	38
52	1.624	1.630	1.636	1.643	1.649	1.655	1.662	37
53	1.662	1.668	1.675	1.681	1.688	1.695	1.701	36
54	1.701	1.708	1.715	1.722	1.729	1.736	1.743	35
55	1.743	1.751	1.758	1.766	1.773	1.781	1.788	34
56	1.788	1.796	1.804	1.812	1.820	1.828	1.836	33
57	1.836	1.844	1.853	1.861	1.870	1.878	1.887	32
58	1.887	1.896	1.906	1.914	1.923	1.932	1.942	31
59	1.942	1.951	1.961	1.970	1.980	1.990	2.000	30
60	2.000	2.010	2.020	2.031	2.041	2.052	2.063	29
61	2.063	2.074	2.085	2.096	2.107	2.118	2.130	28
62	2.130	2.142	2.154	2.166	2.178	2.190	2.203	27
63	2.203	2.215	2.228	2.241	2.254	2.268	2.281	26
64	2.281	2.295	2.309	2.323	2.337	2.352	2.366	25
65	2.366	2.381	2.396	2.411	2.427	2.443	2.459	24
66	2.459	2.475	2.491	2.508	2.525	2.542	2.559	23
67	2.559	2.577	2.595	2.613	2.632	2.650	2.669	22
68	2.669	2.689	2.709	2.728	2.749	2.769	2.790	21
69	2.790	2.812	2.833	2.855	2.878	2.901	2.924	20
70	2.924	2.947	2.971	2.996	3.021	3.046	3.072	19
71	3.072	3.098	3.124	3.152	3.179	3.207	3.236	18
72	3.236	3.265	3.295	3.326	3.356	3.388	3.420	17
73	3.420	3.453	3.487	3.521	3.556	3.592	3.628	16
74	3.628	3.665	3.703	3.742	3.782	3.822	3.864	15
75	3.864	3.906	3.950	3.994	4.039	4.086	4.134	14
76	4.134	4.182	4.232	4.284	4.336	4.390	4.445	13
77	4.445	4.502	4.560	4.620	4.682	4.745	4.810	12
78	4.810	4.876	4.945	5.016	5.089	5.164	5.241	11
79	5.241	5.320	5.403	5.487	5.575	5.665	5.759	10
80	5.759	5.855	5.955	6.059	6.166	6.277	6.392	9
81	6.392	6.512	6.636	6.765	6.900	7.040	7.185	8
82	7.185	7.337	7.496	7.661	7.834	8.016	8.206	7
83	8.206	8.405	8.614	8.834	9.065	9.309	9.567	6
84	9.567	9.839	10.129	10.433	10.758	11.104	11.474	5
85	11.474	11.868	12.291	12.746	13.235	13.763	14.336	4
86	14.336	14.958	15.637	16.380	17.198	18.103	19.107	3
87	19.107	20.230	21.494	22.926	24.632	26.450	28.654	2
88	28.654	31.258	34.382	38.202	42.976	49.114	57.299	1
89	57.299	68.757	85.945	—	—	—	∞	0
90	∞							
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	度

餘　割

表 LVII 斯提爾林 (Stirling) 內插公式的係數

θ	$\frac{\theta^2}{1\cdot 2}$	$\frac{\theta(\theta^2-1)}{1\cdot 2\cdot 3}$	$\frac{\theta^2(\theta^2-1)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}$	θ	$\frac{\theta^2}{1\cdot 2}$	$\frac{\theta(\theta^2-1)}{1\cdot 2\cdot 3}$	$\frac{\theta^2(\theta^2-1)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}$
0.00	+ 0.00000	— 0.0000	— 0.0000	0.25	+ 0.03125	— 0.0391	— 0.0024
0.01	0.00005	0.0017	0.0000	0.26	0.03380	0.0404	0.0026
0.02	0.00020	0.0033	0.0000	0.27	0.03645	0.0417	0.0028
0.03	0.00045	0.0050	0.0000	0.28	0.03920	0.0430	0.0030
0.04	0.00080	0.0067	0.0001	0.29	0.04205	0.0443	0.0032
0.05	+ 0.00125	— 0.0083	— 0.0001	0.30	+ 0.04500	— 0.0455	— 0.0034
0.06	0.00180	0.0100	0.0001	0.31	0.04805	0.0467	0.0036
0.07	0.00245	0.0116	0.0002	0.32	0.05120	0.0479	0.0038
0.08	0.00320	0.0133	0.0003	0.33	0.05445	0.0490	0.0040
0.09	0.00405	0.0149	0.0003	0.34	0.05780	0.0501	0.0043
0.10	+ 0.00500	— 0.0165	— 0.0004	0.35	+ 0.06125	— 0.0512	— 0.0045
0.11	0.00605	0.0181	0.0005	0.36	0.06480	0.0522	0.0047
0.12	0.00720	0.0197	0.0006	0.37	0.06845	0.0532	0.0049
0.13	0.00845	0.0213	0.0007	0.38	0.07220	0.0542	0.0051
0.14	0.00980	0.0229	0.0008	0.39	0.07605	0.0551	0.0054
0.15	+ 0.01125	— 0.0244	— 0.0009	0.40	+ 0.08000	— 0.0560	— 0.0056
0.16	0.01280	0.0260	0.0010	0.41	0.08405	0.0568	0.0058
0.17	0.01445	0.0275	0.0012	0.42	0.08820	0.0576	0.0060
0.18	0.01620	0.0290	0.0013	0.43	0.09245	0.0584	0.0063
0.19	0.01805	0.0305	0.0014	0.44	0.09680	0.0591	0.0065
0.20	+ 0.02000	— 0.0320	— 0.0016	0.45	+ 0.10125	— 0.0598	— 0.0067
0.21	0.02205	0.0335	0.0018	0.46	0.10580	0.0604	0.0069
0.22	0.02420	0.0349	0.0019	0.47	0.11045	0.0610	0.0072
0.23	0.02645	0.0363	0.0021	0.48	0.11520	0.0616	0.0074
0.24	0.02880	0.0377	0.0023	0.49	0.12005	0.0621	0.0076
0.25	+ 0.03125	— 0.0391	— 0.0024	0.50	+ 0.12500	— 0.0625	— 0.0078

表 LVIII 甲　蘇聯十六個加盟共和國首都的地理坐標

首　　都	加盟共和國	東經 λ	北緯 φ	λ時	時區號數	化爲區時的改正量*
阿拉木圖 (Алма-Ата)	哈薩克	76°56′	43°16′	5時 7分.7	5	− 7分 16秒
阿什哈巴德 (Ашхабад)	土庫曼	68 24	37 57	3 53.6	4	+ 6 27
巴庫 (Баку)	阿塞拜疆	49 52	40 23	3 19.4	3	−19 22
維爾紐斯 (Вильнюс)	立陶宛	25 18	54 41	1 41.1	2	+18 51
埃里溫 (Ереван)	亞美尼亞	44 30	40 11	2 58.0	3	+ 2 0
基輔 (Киев)	烏克蘭	30 30	50 27	2 2.0	2	− 2 1
基希涅夫 (Кишинёв)	摩爾達維亞	28 49	47 02	1 55.3	2	+ 4 44
明斯克 (Минск)	白俄羅斯	27 33	53 54	1 50.3	2	+ 9 46
莫斯科 (Москва)	俄羅斯	37 34	55 45	2 30.3	2	−30 17
彼得羅查沃德斯克 (Петрозаводск)	卡累利阿-芬蘭	34 21	61 47	2 17.6	5	+23 32
里加 (Рига)	拉脫維亞	24 09	56 50	1 36.4	2	+23 23
斯大林納巴德 (Сталинабад)	塔吉克	68 47	38 35	4 35.6	5	+24 34
塔林 (Таллин)	愛沙尼亞	24 45	59 26	1 39.0	2	+21 0
塔什干 (Ташкент)	烏玆別克	69 20	41 19	4 37.2	5	+22 49
梯比利斯 (Тбилиси)	格魯吉亞	44 49	41 43	2 59.3	3	+ 0 49
伏龍芝 (Фрунзе)	吉爾吉斯	74 35	42 53	4 58.5	5	+ 1 33

* 欲求化爲夏令時的改正量，須於化爲區時的改正量上加 1 小時。

表 LVIII 乙　世界幾個大城市的地理坐標

城市	國家	東經 λ	北緯 φ	λ時	時區
柏林……………	德國	13°23′	52°30′	0時 53分.5	1
布拉提斯拉瓦…	捷克斯洛伐克	17 07	48 09	1 08.5	1
布達佩斯………	匈牙利	19 08	47 31	1 16.5	1
布加勒斯特……	羅馬尼亞	26 07	44 26	1 44.5	2
華沙……………	波蘭	21 00	52 14	1 24.0	1
維也納…………	奧地利	16 21	48 13	1 05.4	1
佛羅斯勞………	波蘭	17 01	51 06	1 08.1	1
克拉科夫………	波蘭	19 56	50 04	1 19.7	1
羅慈……………	波蘭	19 26	51 46	1 17.7	1
南京……………	中國	118 48	32 03	7 55.2	8
北京……………	中國	116 28	39 54	7 45.9	8
普洛夫迪夫……	保加利亞	24 45	42 09	1 39.0	2
布拉格…………	捷克斯洛伐克	14 25	50 05	0 57.7	1
索非亞…………	保加利亞	23 19	42 41	1 33.3	2
地拉那…………	阿爾巴尼亞	19 49	41 19	1 19.3	1
烏蘭巴托………	蒙古	106 54	47 55	7 07.6	7
赫爾辛基………	芬蘭	24 58	60 10	1 39.9	2
上海……………	中國	121 27	31 10	8 05.8	8
雅西……………	羅馬尼亞	27 34	47 10	1 50.3	2

表 LIX 甲　蘇聯各天文台的地理坐標

	名稱	簡稱	成立年代	東經	北緯	高度(公尺)
1	格魯吉亞蘇維埃社會主義共和國科學院阿巴斯圖曼尼天體物理觀象台…………	AAO	1932	2時 51分 18秒	41° 45′.3	1700
2	喀山大學恩格爾加德天文台……………………………	AOЭ	1901	3 15 16	55 50.3	98
3	土庫曼蘇維埃社會主義共和國科學院阿什哈巴德天體物理實驗室………………	AAЛ	1945	3 53 25	37 57.4	230
4	亞美尼亞蘇維埃社會主義共和國科學院布拉干天文台………………………………		1946	2 57 10	40 20.7	1500
5	維爾紐斯大學天文台…		1923	1 41 01	54 41.0	133

續表 LIX 甲

	名稱	簡稱	成立年代	東經			北緯		高度(公尺)
6	蘇聯科學院天文總台(普耳科沃)…………	ГАО	1839	2時	01分	19秒	59°	46'.3	75
7	烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院果洛謝也夫天文總台(基輔附近)………		1949	2	02	00	50	21.9	150
8	哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院阿拉木圖高山天體物理研究所…………		1949	5	07	50	43	11.3	1400
9	伊爾庫茨克大學天文台		1924	6	57	23	52	16.7	470
10	喀山大學天文台………		1833	3	16	29	55	47.4	79
11	基輔大學天文台………	КАО	1845	2	02	01	50	27.2	184
12	塔什干天文台基塔布烏兹別克緯度測定站…………		1930	4	27	32	39	08.0	659
13	蘇聯科學院克里米亞天體物理觀象台………………	КрАО	1950	2	16	04	44	43.7	570
14	列寧格勒大學天文台…	АО ЛГУ	1878	2	01	11	59	56.5	4
15	利沃夫大學天文台……		1877	1	36	07	49	50.0	330
16	莫斯科大學天文台……	ГАИШ	1830	2	30	17	55	45.3	150
17	尼古拉耶夫天文台(普耳科沃天文台分台)………		1821	2	07	54	46	58.3	55
18	敖德薩大學天文台……		1871	2	03	02	46	28.6	53
19	烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院波爾塔瓦測重天文台………………………		1926	2	18	18	49	36.2	146
20	里加大學天文台………		1925	1	36	28	56	57.1	5
21	羅斯托夫大學天文台…		1948	2	38	53	47	13.2	6
22	蘇聯科學院克里米亞天體物理觀象台西米兹分台…		1908	2	15	59	44	24.2	360
23	塔什克蘇維埃社會主義共和國科學院斯大林納巴德天文台…………………………	СтАО	1933	4	35	06	38	33.5	820
24	愛沙尼亞蘇維埃社會主義共和國科學院塔爾圖天文台…………………………		1809	1	46	53	58	22.8	67
25	烏兹別克蘇維埃社會主義共和國科學院塔什干天文台…………………………	ТАО	1874	4	37	11	41	19.5	475
26	托姆斯克大學天文台…			5	39	52	56	28.2	130
27	哈爾科夫大學天文台…	ХАО	1808	2	24	56	50	00.2	139

表 LIX 乙　中國、波蘭、捷克斯洛伐克、匈牙利、羅馬尼亞、保加利亞和德意志民主共和國各天文台的地理坐標

	名　稱	國　家	成立年代	東　經	北緯	高　度(公尺)
1	柏林天文台	德　國	1835	0時 52分 25秒	52° 24′.1	82
2	布達佩斯天文台	匈牙利	1871	1 15 52	47 30.0	474
3	布加勒斯特天文台	羅馬尼亞	1910	1 44 27	44 24.6	85
4	華沙天文台	波　蘭	1825	1 24 07	52 13.1	121
5	佛羅斯勞天文台	波　蘭	1791	1 08 21	51 06.7	117
6	仲霖堡天文台	德　國	1925	0 44 46	50 22.7	640
7	克拉科夫天文台	波　蘭	1791	1 19 50	50 03.9	221
8	南京紫金山天文台	中　國	1928	7 55 18	32 04.0	267
9	波茲南天文台	波　蘭	1922	1 07 31	52 23.8	85
10	波茨坦天文台	德　國	1878	0 52 16	52 22.9	97
11	布拉格天文台	捷克斯洛伐克	1751	0 57 40	50 05.3	197
12	布拉格斯德方尼克天文台	捷克斯洛伐克	1930	0 57 36	50 04.9	324
13	斯卡納捷·普列索天文台	捷克斯洛伐克	1948	1 20 56	49 11.7	1783
14	索非亞天文台	保加利亞	1894	1 33 23	42 41.0	572
15	托倫天文台	波　蘭	1948	1 14 26	53 01.3	60

表 LIX 丙　英國、阿根廷、美國、法國、加拿大、丹麥、荷蘭和南非聯邦的一些天文台的地理坐標

	名　稱	國　家	成立年代	經　度	緯　度	高　度(公尺)
1	維克多利天文台	加拿大	1913	8時13分40秒З	+48° 31′.3	229
2	哈佛天文台	美　國	1840	4 44 31 З	+42 22.8	24
3	格林尼治天文台	英　國	1675	0 00 00	+51 28.6	47
4	葉凱士天文台	美　國	1897	5 54 13 З	+42 34.2	334
5	約翰內斯堡天文台	南非聯邦	1903	1 52 18 В	−26 10.9	1786
6	哥本哈根天文台	丹　麥	1898	0 50 19 В	+55 41.2	14
7	柯多巴天文台	阿根廷	1870	4 16 47 З	−31 25.3	434
8	拉巴拉塔天文台	阿根廷	1882	3 51 44 З	−34 54.5	17
9	萊頓天文台	荷　蘭	1861	0 17 56 В	+52 09.3	6
10	立克天文台	美　國	1888	8 06 35 З	+37 20.4	1283
11	麥唐納天文台	美　國	1939	6 56 06 З	+30 40.2	2070
12	威爾遜山天文台	美　國	1904	7 52 14 З	+34 13.0	1742
13	巴洛馬山天文台	美　國	1939	7 45 00 З	+33 27.0	1600
14	好望角天文台	南非聯邦	1820	1 13 55 В	−33 56.1	10
15	巴黎天文台	法　國	1671	0 09 21 В	+48 50.2	67
16	日中峯天文台	法　國	1882	0 00 34 В	+42 56.5	2850

表 LX 蘇聯科學院天文委員會。全蘇天文測地協會（ВАГО）及其分會。天文館(即假天館)

蘇聯科學院天文委員會（Астрономический совет АН СССР）屬於蘇聯科學院數理學部。其目的是爲了指導蘇聯科學院及其分院的天文機構，各加盟共和國科學院的天文部門，以及蘇聯文化部的各天文單位的科學研究和組織工作，並使這些工作互相配合。在該委員會中除了領導全部實際工作的主席團外，還有一系列的常設專門委員會：天體測量學委員會和附設的研究天極移動，研究月亮運動和形狀，編製微星星表等幾個分委員會；行星研究委員會；變星研究委員會（附設食變星委員會）；彗星和流星研究委員會；天文史委員會；太陽研究委員會和天文新聞處［出版“天文簡報”（“Астрономический циркуляр”），Д. Я. 馬爾登諾夫(Мартынов)任主編］。此外蘇聯科學院數理學部還設有天體演化學委員會。

蘇聯科學院天文委員會出版一種學術性雜誌“變星”（“Переменные звёзды”），這是目前全世界唯一的變星研究者的專門雜誌。

蘇聯科學院天文委員會的主席是蘇聯科學院通訊院士 А. А. 米哈依洛夫(Михайлов)教授。

該會通訊處是：Москва 56，Большая Грузинская улица，д. № 10，комн. 90。

全蘇天文測地協會（Всесоюзное астрономо-геодезическое общество）（ВАГО）是聯合天文學家，大地測量學家和天文愛好者的羣衆科學組織。該會的任務是：促進天文學，測量學，地圖學的發展；在廣大勞動人民中間傳播正確的關於宇宙的唯物知識；向天文學中僞科學的唯心學說進行鬥爭等等。

所有年滿 18 歲的蘇聯公民都可以成爲該會地方分會的會員，未滿 18 歲者可以作爲該會地方分會青年部的會員。目前該會附屬於蘇聯科學院。全蘇天文測地協會的主席是蘇聯科學院通訊院士 А. А. 米哈依洛夫教授。

全蘇天文測地協會出版有“公報”（“Бюллетень”），其中刊載該會及其各分會的工作，發表該會會員的科學文章，登載各種觀測指南及其他資料。

全蘇天文測地協會除了總會以外，在莫斯科，列寧格勒，基輔，明斯克，維爾紐斯，彼德隴，阿拉木圖，塔什干，里加，高爾基，加里寧，古比雪夫，莫洛托夫，新西伯利亞，斯維拉托夫，斯大林格勒，哈爾科夫，斯維爾德洛夫，辛菲羅波爾，斯摩稜斯克，塔爾圖，雅羅斯拉夫爾等城市中共設有 22 個分會。

天文館 莫斯科天文館是 1928—1929 年間建造的，它的目的是宣傳科學知識(特別是天文方面的知識)，在廣大羣衆中進行反宗教宣傳，並系統地幫助中學進行天文學和物理學教育。天文館主要講廳中設有天象儀。天象儀根據幻燈原理可以把星空以及各種天體的形象放映在一個半球形的白色圓頂上，它能使我們看到任何緯度任何時刻的天象的

實現。

莫斯科天文館內除了主要講廳以外，還有一個小講堂，一個天文展覽室，一個小天文台和氣象站；備有各種不同類式的望遠鏡，其中有馬克蘇托夫式的彎月形透鏡望遠鏡，用這些望遠鏡來實地看星和進行中學生和大學生的天文小組的實習。天文館大廈近旁的天文廣場上置有：日晷，坐標儀（渾儀），地球儀，天球儀，地球運行儀，太陽鏡和其他一些幫助學生了解天文原理的儀器設備。

莫斯科天文館成立以來曾設了許多新創作的儀器；可以用來表演日食和月食，星光閃動，極光，彗星和流星等。莫斯科天文館的工廠製造了若干小型輕便的天象儀，現在蘇聯許多城市的天文館都設有這種儀器。

偉大的衛國戰爭以後，下列城市成立了天文館：列寧格勒，基輔，敖德薩，薩拉托夫，科斯特羅馬，古比雪夫，高爾基，伊爾庫茨克，雅羅斯拉夫爾，巴庫，巴爾瑙爾，南薩哈林斯克，契卡洛夫，莫斯科省的博勃里克山等。

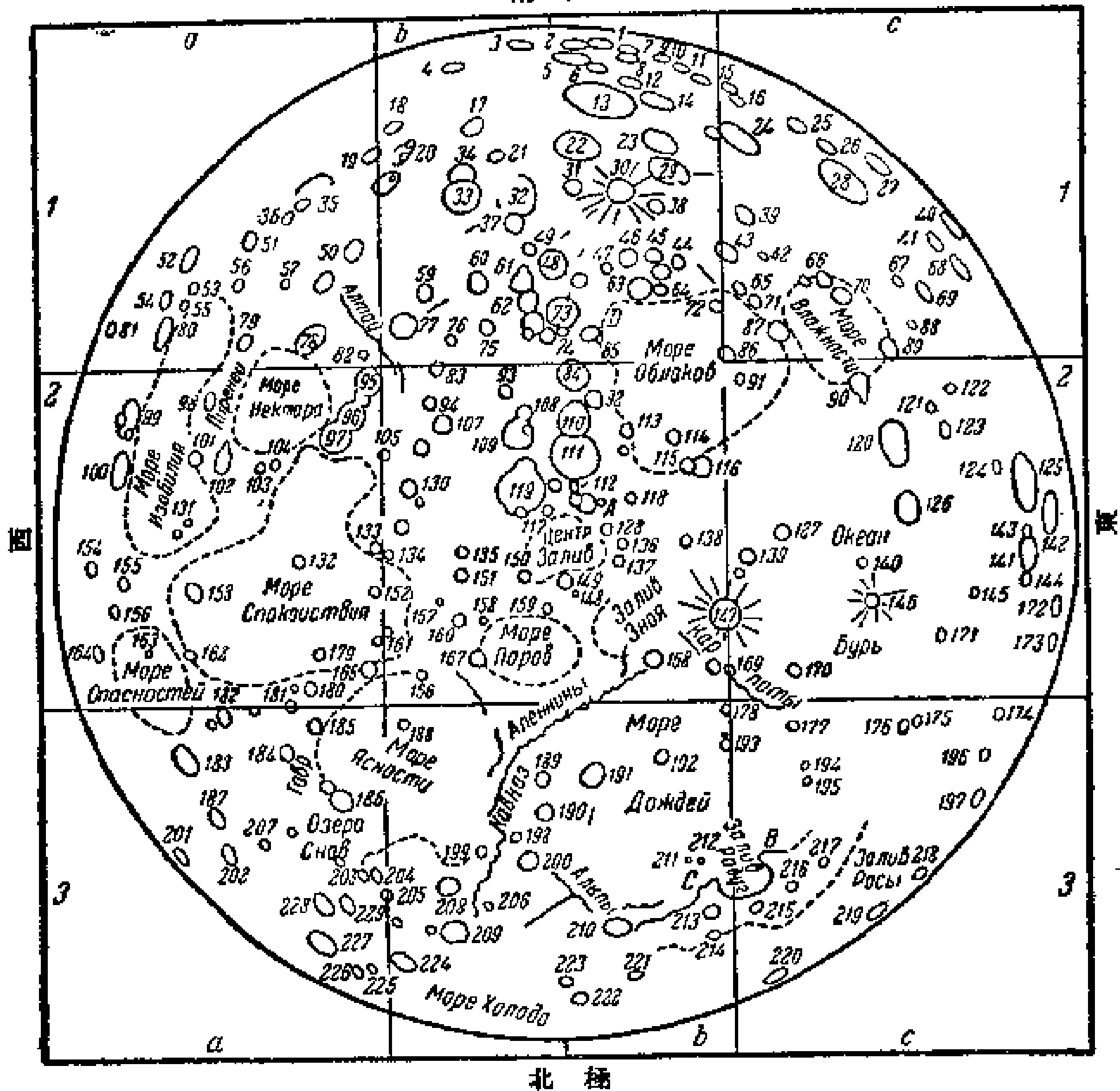
最近，德意志民主共和國的工人們送給斯大林格勒城一架現代化的大型天象儀，現在已爲這儀器修建了一座專用大廈。

附　　錄

附錄 1

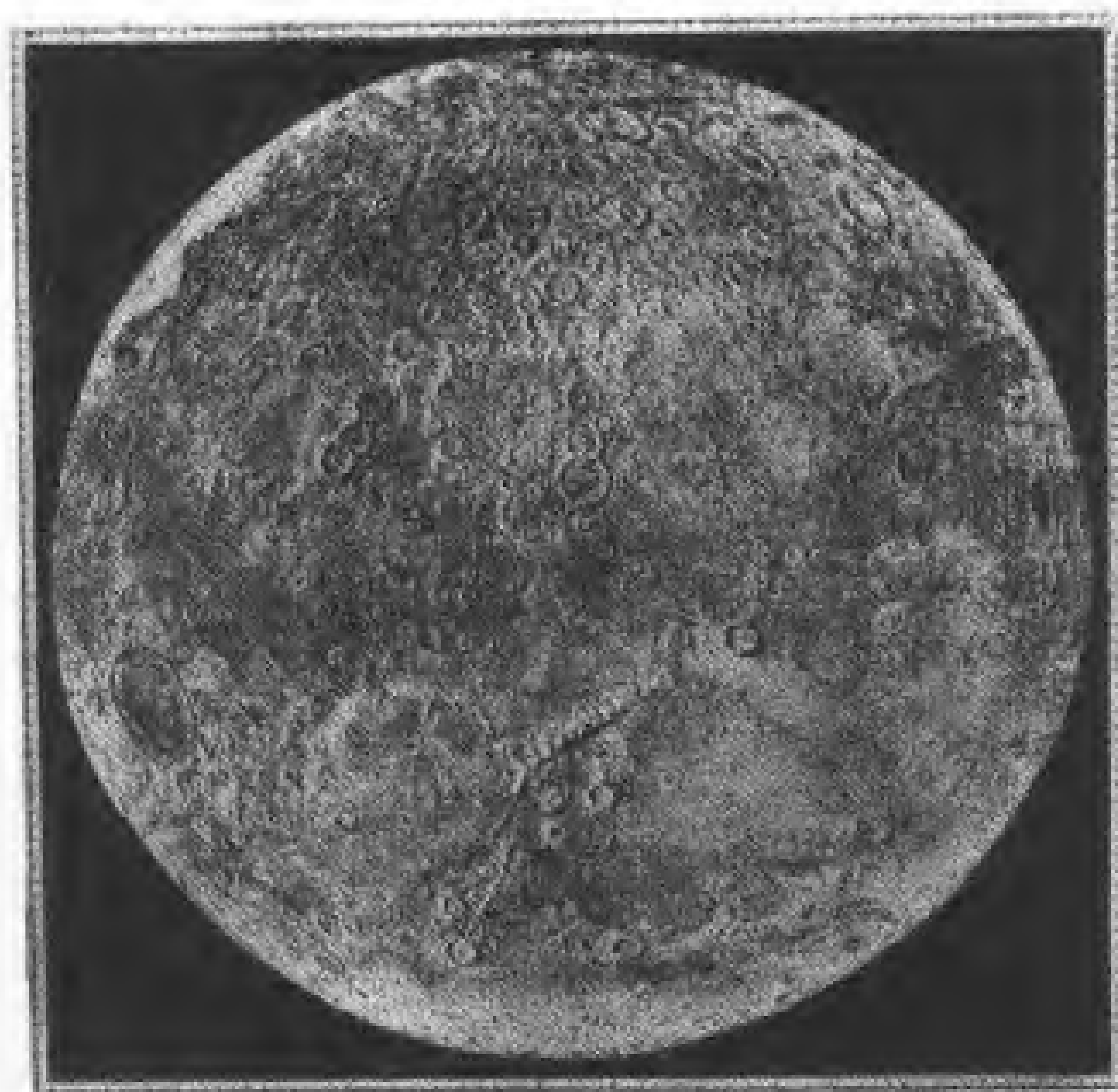
甲. 月面圖

南 極



北 極

乙. 月面像



丙. 月面最主要的結構名稱表

中　　文	俄　　文	拉　丁　文	月面圖上位置
濕海	Море Влажности	Mare Humorum	c1
雲海	Море Облаков	Mare Nubium	b2
酒海	Море Нектара	Mare Nectaris	a2
豐富海	Море Изобилия	Mare Foecunditatis	a2
靜海	Море Спокойствия	Mare Tranquillitatis	a2
危海	Море Опасностей	Mare Crisium	a2
澄海	Море Ясности	Mare Serenitatis	b3
汽海	Море Паров	Mare Vaporum	b2
雨海	Море Дождей	Mare Imbrium	b3
暴風洋	Океан Бурь	Oceanus Procellarum	c2
冷海	Море Холода	Mare Frigoris	b3
中央灣	Центральный Залив	Sinus Medii	b2
熱灣	Залив Зноя	Sinus Aestuum	b2
虹灣	Залив Радуг	Sinus Iridum	c3
露灣	Залив Росы	Sinus Roris	c3
夢湖	Озеро Снов	Lacus Somniorum	a3
庇里尼山脈	Горы Пиренеи	Montes Pyrenaee	a2
阿爾泰山脈	Горы Алтай	Montes Altai	a1
喀爾巴阡山脈	Горы Карпаты	Montes Carpates	c3
亞平寧山脈	Горы Апеннины	Montes Apenninae	b3
高加索山脈	Горы Кавказ	Montes Caucasus	b3
金牛山脈	Горы Тавр	Montes Taurus	a3
阿爾卑斯山脈	Горы Альпы	Montes Alpes	b3
武仙角 (B)	Мыс Геркулеса	Cap Heraclides (B)	c3
拉普拉斯 (C)	Мыс Лапласа	Cap Laplace (C)	b3

月面環形山

號數	中文	俄文	原文	月面圖上位置
1	牛頓	Ньютон	Newton	b1
2	雪特	Шорт	Short	b1
3	新彼利斯	Симпелиус	Simpelius	b1
4	曼秦努斯	Манцинус	Manzinus	b1
5	莫烈圖斯	Моретус	Moretus	b1
6	格勞貝格	Грумбергер	Gruemberger	b1
7	卡薩圖斯	Казатус	Casatus	b1
8	克拉普羅斯	Клапрот	Klaproth	b1
9	威爾遜	Вилсон	Wilson	b1
10	基齊爾	Кирхер	Kircher	b1
11	別提努斯	Беттинус	Bettinus	b1
12	勃蘭薩努斯	Бланканус	Blancanus	b1
13	克拉維	Клавий	Clavius	b1
14	謝涅爾	Шейнер	Scheiner	b1
15	楚西烏斯	Цухиус	Zuchius	c1
16	謝格納	Сегнер	Segner	c1
17	巴坤	Бэкон	Bacon	b1
18	涅爾赫	Неарх	Nearch	b1
19	弗拉克	Влакк	Vlacq	a1
20	霍麥爾	Хоммель	Hommel	b1
21	利采齊	Лицетий	Licetus	b1
22	馬格努斯	Магинус	Maginus	b1
23	朗哥芒坦	Лонгомонтан	Longomontanus	b1
24	席勒	Шиллер	Schiller	c1
25	佛齊利德	Фоцилид	Phocylides	c1
26	瓦根亭	Варгентин	Wargentin	c1
27	英海拉米	Ингирами	Inghirami	c1
28	西卡爾德	Шиккард	Schickard	c1
29	威廉	Вильгельм	Wilhelm	b1
30	第谷	Тихо	Tycho	b1
31	騷修爾	Соссюр	Saussure	b1
32	什托弗勒	Штофлер	Stöfler	b1
33	毛羅利齊	Мавролиций	Maurolycus	b1

（續）

號數	中文	俄文	原文	月面圖上位置
34	巴羅齊	Бароций	Barocius	b1
35	法彼里齊	Фабриций	Fabricius	a1
36	麥齊	Меций	Metius	a1
37	菲涅利	Фернелий	Fernelius	b1
38	韓西烏斯	Хензиус	Heinsius	b1
39	海恩澤爾	Хайнзель	Hainzel	c1
40	布法爾	Бувар	Bouvard	c1
41	皮阿齊	Пиацци	Piazzi	c1
42	冉斯登	Рамсден	Ramsden	c1
43	卡普恩	Капуан	Capuanus	c1
44	齊赫	Цих	Cichus	b1
45	維尤澤賓爾	Вюрцельбауэр	Wurzelbauer	b1
46	高里克	Гаурик	Gauricus	b1
47	赫爾	Хэлл	Hell	b1
48	華爾特	Бальтер	Walter	b1
49	諾尼烏斯	Нониус	Nonius	b1
50	里齊	Риччи	Riccius	a1
51	勒依塔	Рейта	Rheita	a1
52	弗涅里	Фурнерий	Furnerius	a1
53	斯梯文	Стевин	Stevinus	a1
54	伽傑	Газе	Hase	a1
55	斯涅利烏斯	Снеллиус	Snellius	a1
56	勒寨巴赫	Рейхенбах	Reichenbach	a1
57	涅阿德	Неандр	Neander	a1
58	皮克羅米尼	Пикколомини	Piccolomini	a1
59	龐坦	Понтан	Pontanus	b1
60	波阿松	Пуассон	Poisson	b1
61	阿利阿岑集斯	Алиаценсис	Aliacensis	b1
62	維涅爾	Вернер	Werner	b1
63	皮塔特	Питат	Pitatus	b1
64	海集奧德	Гезиод	Hesiodus	b1
65	麥卡托	Меркатор	Mercator	c1
66	維泰洛	Вителло	Vitello	c1

(續)

號數	中文	俄文	原文	月面圖上位置
67	福里葉………………	Фурье	Fourier	c1
68	拉格朗日……………	Лагранж	Lagrange	c1
69	維耶塔………………	Виета	Vieta	c1
70	多彼梅耶……………	Доппельмайер	Doppelmayer	c1
71	旋帕努斯……………	Кампанус	Campanus	c1
72	基斯…………………	Кис	Keis	b1
73	普爾巴赫……………	Пурбах	Purbach	b1
74	拉卡爾………………	Лакайль	Lacaille	b1
75	普雷菲爾……………	Плейфер	Playfair	b1
76	阿佐菲………………	Азофи.	Azophi	b1
77	薩克羅博斯科………	Сакробоско	Sacrobosco	b1
78	弗拉卡斯托爾………	Фракастор	Fracastorius	a1
79	桑特別克……………	Сантбек	Santbech	a1
80	彼塔維………………	Петавий	Petavius	a1
81	洪保德………………	Гумбольд	Humboldt	a1
82	波利必………………	Полибий	Polybius	a1
83	赫維爾………………	Гебер	Hevel	b2
84	阿爾札赫……………	Арзахель	Arzachel	b2
85	梯必特………………	Тебит	Thebit	b1
86	布利阿德……………	Буллиальд	Bullialdus	c1
87	希帕爾………………	Гиппал	Hippalus	c1
88	卡溫蒂士……………	Кавендиш	Cavendish	c1
89	麥爾謝尼……………	Мерсений	Mersenius	c1
90	卡森地………………	Гассенди	Gassendi	c2
91	留賓涅斯基…………	Любинецкий	Lubiniesky	c2
92	阿爾彼德拉基………	Альпетрагий	Alpetragius	b2
93	艾瑞…………………	Эри	Airy	b2
94	阿爾曼蒙……………	Аль Манун	Almamon	b2
95	凱薩林納……………	Катарина	Catherina	a2
96	基里爾………………	Кирилл	Cyrillus	a2
97	捷奧菲爾……………	Теофил	Theophilus	a2
98	哥侖布………………	Колумб	Colombo	a2
99	文德林………………	Венделин	Vendelinus	a2

（續）

號數	中文	俄文	原文	月面圖上位置
100	朗格廉	Лангрен	Langrenus	a2
101	哥克廉	Гоклен	Goclenius	a2
102	古坦堡	Гуттенберг	Guttemberg	a2
103	卡彼拉	Капелла	Capella	a2
104	依集多爾	Изидор	Isidorus	a2
105	康德	Кант	Kant	a2
106	迪卡爾	Декарт	Descartes	b2
107	阿布維法	Абул Вэфа	Abulfeda	b2
108	帕羅	Парро	Parrot	b2
109	阿爾巴泰尼	Альбатений	Albategnius	b2
110	阿爾芬斯	Альфонс	Alphonsus	b2
111	托勒玫	Птолемей	Ptolemäus	b2
112	赫式爾	Гершель	Herschel	b2
113	大威	Дэви	Davy	b2
114	基里別	Герике	Guerike	b2
115	帕瑞	Пэрри	Parry	b2
116	邦普蘭	Бонплан	Bonpland	b2
117	萊奧繆爾	Реомюр	Réaumur	b2
118	拉蘭德	Лаланд	Lalande	b2
119	依巴谷	Гиппарх	Hipparchus	b2
120	列特龍	Летрон	Letronne	c2
121	比利	Билли	Billy	c2
122	豐塔挪	Фонтана	Fontana	c2
123	韓斯坦	Ганстин	Hansteen	c2
124	達莫	Дамуазо	Damoiseau	c2
125	格里馬第	Гримальди	Grimaldi	c2
126	佛蘭斯泰德	Флэмстид	Flamsteed	c2
127	蘭斯堡	Ландсберг	Landsberg	c2
128	莫斯亭	Мёстинг	Mösting	b2
129	德朗勃爾	Деламбр	Delambre	b2
130	泰勒	Тэйлор	Taylor	b2
131	梅西爾	Мессье	Messier	a2
132	馬斯卡林	Маскелайн	Maskelyne	a2

（續）

號數	中文	俄文	原文	月面圖上位置
133	薩賓……………………	Сабин	Sabine	a2
134	里特……………………	Риттер	Ritter	b2
135	哥登……………………	Годин	Godin	b2
136	松莫林…………………	Зоммеринг	Sömmering	b2
137	什略特…………………	Шрётер	Schröter	b2
138	加巴特…………………	Гамбар	Gambart	b2
139	萊茵霍德………………	Рейнгольд	Reinhold	c2
140	恩克……………………	Энке	Encke	c2
141	赫維爾…………………	Гевелий	Hevel	c2
142	里齊利…………………	Риччиоли	Riccioli	c2
143	洛爾曼…………………	Лорманн	Lohrmann	c2
144	卡瓦列里烏斯…………	Кавалериус	Cavalerius	c2
145	萊茵納…………………	Рейнер	Reiner	c2
146	克普勒…………………	Кеплер	Kepler	c2
147	哥白尼…………………	Коперник	Copernicus	c2
148	博德……………………	Боде	Bode	b2
149	帕拉斯…………………	Паллас	Pallas	b2
150	特里斯涅克……………	Триснеккер	Triesnecker	b2
151	阿格里帕………………	Агриппа	Agrippa	b2
152	阿拉貢…………………	Араго	Arago	a2
153	塔龍齊…………………	Тарунций	Taruntius	a2
154	舒伯特…………………	Шуберт	Schubert	a2
155	阿波羅尼………………	Аполлоний	Apollonius	a2
156	菲明尼克………………	Фирминик	Ferminicus	a2
157	西別什拉格……………	Зильбершлаг	Silberschlag	b2
158	海根努斯………………	Гигинус	Hyginus	b2
159	烏開特…………………	Укерт	Ukert	b2
160	博斯科維契……………	Боскович	Boscovitch	b2
161	羅斯……………………	Росс	Ross	a2
162	普羅克爾………………	Прокл	Proclus	a2
163	皮卡德…………………	Пиккар	Picard	a2
164	康多爾謝………………	Кондорсе	Condorcet	a2
165	普林尼…………………	Плиний	Plinius	a2

(續)

號數	中文	俄文	原文	月面圖上位置
166	麥涅勞	Менелай	Menelaus	b2
167	曼尼林	Манилий	Manilius	b2
168	愛拉托遜	Эратосфен	Eratosthenes	b2
169	給呂薩克	Гей-Люссак	Gay-Lussac	c2
170	梅耶	Майер	Mayer	c2
171	馬里	Марий	Marius	c2
172	奧別爾斯	Ольберс	Olbers	c2
173	克拉弗特	Крафт	Kraft	c2
174	謝列克	Селевк	Seleucus	c3
175	赫羅多特	Геродот	Herodotus	c3
176	亞利斯塔克	Аристарх	Aristarchus	c3
177	歐拉	Эйлер	Euler	c3
178	比泰	Битей	Bettinus	b3
179	蔣森	Жансен	Jansen	a2
180	維特魯維	Витрувий	Vitruvius	a2
181	馬拉迪	Маральди	Maraldi	a2
182	馬克羅比	Макробий	Macrobius	a3
183	克列奧梅迪	Клеомед	Cleomedes	a3
184	羅邁	Рёмер	Römer	a3
185	利特羅夫	Литтров	Littrow	a2
186	波西多尼	Посидоний	Posidonius	a3
187	格明努斯	Геминус	Geminus	a3
188	白塞耳	Бессель	Bessel	b3
189	奧托利克	Автолик	Autolycus	b3
190	阿里斯基爾	Аристилл	Aristillus	b3
191	阿基米德	Архимед	Archimedes	b3
192	基莫卡里斯	Тимохарис	Timocharis	b3
193	蘭貝特	Ламберт	Lambert	b3
194	迪奧范特	Диофант	Diophantus	b3
195	戴利爾	Делиль	Delisle	c3
196	勃里格	Бригг	Briggs	c3
197	利赫登堡	Лихтенберг	Lichtenberg	c3
198	泰泰圖斯	Тететус	Theaetetus	b3

(續)

號 數	中 文	俄 文	原 文	月面圖上位置
199	卡利普…………………	Калипп	Calippus	b3
200	卡西尼…………………	Кассини	Cassini	b3
201	高斯……………………	Гаусс	Gauss	b3
202	梅薩拉…………………	Мессала	Messala	a3
203	馬遜……………………	Масон	Mason	a3
204	普蘭娜…………………	Плана	Plana	a3
205	布尤格…………………	Бюрг	Burg	a3
206	愛格德…………………	Эгеде	Egede	b3
207	佛蘭克林………………	Франклин	Franklin	a3
208	歐多克斯………………	Эвдокс	Eudoxus	b3
209	亞里斯多德……………	Аристотель	Aristoteles	b3
210	柏拉圖…………………	Платон	Plato	b3
211	勒威耶…………………	Леверрье	Leverrier	b3
212	迴利康…………………	Геликон	Helicon	b3
213	莫彼爾求………………	Мопертюи	Maupertius	b3
214	康達明…………………	Кондамин	Condamine	b3
215	比安齊尼………………	Бианчини	Bianchini	c3
216	沙爾普…………………	Шарп	Sharp	c3
217	梅蘭……………………	Мейран	Mairan	c3
218	格拉德…………………	Герард	Gerard	c3
219	烈普索德………………	Репсольд	Repsold	c3
220	畢達格勒………………	Пифагор	Pythagoras	c3
221	豐泰迺爾………………	Фонтенель	Fontenelle	b3
222	愛皮金尼………………	Эпигений	Epigenes	b3
223	阿爾齊塔斯……………	Архитас	Archytas	b3
224	蓋特納…………………	Гертнер	Gärtner	b3
225	法列斯…………………	Фалес	Thales	a3
226	斯特拉邦………………	Страбон	Strabo	a3
227	恩迪米恩………………	Эндимион	Endymion	a3
228	阿特拉斯………………	Атлас	Atlas	a3
229	赫庫列斯………………	Геркулес	Hercules	a3
A	莫斯亭 A………………	Мёстинг A	Möstíng A	b2
D	“直壁” ………………	«Прямая стена»	“The Straight Wall”	b1

附錄 2 星 圖

(見書末附圖)

附錄 3 赤道星座圖*

本圖的中央橫線就是天球赤道。另一條和赤道相交叉的正弦曲線就是黃道。黃道星座就是沿着黃道分佈的。從雙魚座中的春分點沿赤道從右向左計算赤經(見下方的數字)而天文經度就是以黃道來計算的(每隔 10° 用短線表出)。一切的行星和月亮都是在黃道附近的星間移動。任何一天太陽在黃道上的位置,可以查表 XX

附錄 4 Г. В. 沃爾夫立體平畫圖*

Г. В. 沃爾夫(Вульф)教授在他的一本小册子"球面天文和數理地理問題的圖解法"(Способ графического решения задач по космографии и математической географии, 下諾夫戈羅德, 1909) 所講的這種立體平畫圖在近似地求解球面三角的各種問題,以及與天體視運動有關的天文問題上是一種非常方便和簡單的工具。它完全可以代替天球儀,並且它有着平面圖的各種優點,這些優點是天球儀所沒有的。

通過有着球面坐標系統的天球兩極,作一平面把天球分爲兩半,其中一個半球在這個平面上的投影就是這種立體平畫圖。在這樣所得到的投影圖上的天球經圈和緯圈都變成圓弧,就使我們在這圖的製作和應用上非常方便。這裏所附圖中的每一小格子就代表 2 度,這就使我們能够讀得準到半度(也就是時間上的兩分鐘)。

爲了讀者的方便,本書附有兩張這種圖,一張是印在厚紙上,另一張是印在透明紙上。後者對於解決下面將要說到的第 8 第 9 種問題時是非常方便的。

解決其他大部分的問題時,只要用一張透明紙先畫上最外的大圓圈及圈內互相垂直的兩條直徑(見附錄 4 第 1 圖)把它們當作坐標輪廓。然後在這圖中,再按照實際情况把必需的點和線都畫上去。

在很容易用沃爾夫坐標圖來解決的很多問題中,我們現在談到下列幾種:

1. 通過天球上兩定點作一條大圓弧線,並求出這兩點之間的角距離。把透明紙(附錄 4 第 1 圖)放在沃爾夫坐標圖(附錄 4 第 2 圖)上,根據附錄 4 第 2 圖上的坐標在透明紙上畫出兩點的位置(如 N, N'),然後轉動透明紙並使上下兩圖的圓心保持重合,一直轉到 N 和 N' 處在附錄 4 第 2 圖的同一經線上時,這條經線就是所要求得的大圓弧,而從它就可以讀出這兩點的角距離,在本例中 NN' 的角距離是 75°。

2. 求一已知大圓弧的極點。一個大圓的兩極,就是指和這大圓上任何一點都相距 90° 的兩點。照上面所說的方法仍把附錄 4 第 1 圖重合在附錄 4 第 2 圖上,然後轉動透

* 見書末附圖。

明紙，使這大圓弧(如 N, N') 和附錄 4 第 2 圖上的某一經線相重合時，在附錄 4 第 2 圖的赤道上,找出一點與這大圓弧相距 90°，這便是所求的極。例如在附錄 4 第 1 圖中的 M 就是 NN' 大圓弧的一個極.

3. 以一已知點爲一極，求其赤道。一已知點的赤道就是一個大圓，在這個大圓上所有各點都和這已知點相距 90°。仍按上法把附錄 4 第 1，2 兩圖重合，然後轉動透明紙使已知點(如 M) 轉到附錄 4 的第 2 圖的赤道上，這時和這一點相距爲 90° 的大圓弧就是以這一點爲極的赤道的一段。例如 NN' 就是在附錄 4 第 1 圖中 M 的赤道的一部分。

4. 圍繞一定點畫一個和它相距爲一定角距離的圓。假如這一點是在附錄 4 第 1 圖的最外圓周上(例如 C' 點)，然後把這一點移動到和附錄 4 的第 2 圖的任何一極相重，這時立刻就可找到相應的緯度圈。假如這一點是在大圓周裏 (如 M 點)，就要轉移透明紙，使這點處在不同的經度圈上。在這些經度圈上把和 M 點相距一定距離 (問題中所規定的，例如爲 40°) 的點子畫出來，然後把這些點子連成一條平滑的曲線 (附錄 4 第 1 圖的 SSS 曲線)，就是所求的結果。這條曲線可以很容易地用下面的方法畫出來：就是經過相應的點子畫各種不同緯度圈的弧線，把這些一段段的弧線相連就畫成這條曲線。

5. 量球面三角形的各邊和各角的大小。量邊的方法如問題中所述。例如附錄 4 第 1 圖中的 ABC 三角形，三條邊的長度可以按問題 1 的方法量出爲 $AB=108°$，$BC=94°$，$CA=53°$。要量某角大小時 (如量 A 角)，旋轉附錄4第 1 圖，把該角的頂點移到赤道上，再找出一條和該頂點相距爲 90° 的經度圈，這時包含該頂點的兩條邊就和該經度圈相交於兩點 (如有一邊不相交時則延長使其相交)，在此兩點間的弧線之長即爲該角的大小 (例如圖中 m，n 之間的弧長即表示 A 角的大小爲 81°)。同樣可求得 B 角和 C 角的大小是各相當於 pq 和 tu 的弧長，得 B 角爲 52°，C 角爲 110°。

6. 已知一球面三角形中六個根數的三個，求作這三角形。如果能把這三角形的一條邊和附錄 4 第 1 圖中的最外面的大圓圈相重合，這情形的作圖就非常簡單。例如已知三條邊 $a=94°$，$b=53°$ 和 $c=108°$，求作此三角形：假如 a 邊可以和附錄 4 第 1 圖最外圓圈相重合，先把 a 邊的一端 B' 放到和附錄 4 第 2 圖的一個極點相合，就可以沿大圓周在離 B' 爲 $a(=94°)$ 處畫出 a 邊的另一端點 C'，然後在附錄 4 第 1 圖上離 B' 爲 $c(=108°)$ 處畫一條緯度圈弧 $m'n'$；再移動透明紙 (即附錄 4 第 1 圖) 使 C' 和方才的極點重合，在離 C' 爲 $b(=53°)$ 處畫一條緯度圈弧 $p'q'$，那麼 $p'q'$ 和 $m'n'$ 的交點就是這三角形的第三頂點 A'；畫出通過 C' 和 A' 的經度圈弧，再移動透明紙使 B' 和附錄 4 的第 2 圖極點相重而畫出通過 B' 和 A' 的經度圈弧，就得到這三角形的另外兩邊 b 和 c。至於這三角形三角的大小，可以按 5 所講的方法求得爲 81°，52° 和 110°。

在有些作圖的情况下，就要應用所謂互相配極的三角形。兩個互相配極的三角形之間的關係是：其中任一個三角形的三個頂點就是另一個三角形的三條邊的極點，同時每一條邊的兩個極點中只計處在該條邊的三角形對頂點方向的一個極點；任一個三角形的

各邊和各角的大小正好是另一個三角形各角和各邊的補角(補成180°)，並且對應的方式是這樣，如果一條邊的極是某一角的頂點，則這條邊和該角的大小相加等於180°。應用配極三角形作圖的例子：已知一球面三角形三角的大小，求作這三角形。先算出這三角的補角，以這三個補角的大小爲三邊的大小作三角形，就得原三角形的配極三角形，量出這配極三角形三角的大小，以這三角的補角大小爲三邊，就可按已知三邊的情形作出原三角形。

7．求赤道坐標爲 α_1，δ_1 和 α_2，δ_2 的兩星的角距離。以附錄4第2圖的兩極作爲天球兩極，最外大圓圈的左半作爲一個星的赤經圈，並按它的赤緯在這赤經圈上畫好這星的位置；把兩星的赤經差 $\alpha_2-\alpha_1$ 化爲度數，沿赤道按這差值找出第二星的赤經圈並在其上根據它的赤緯把第二星的位置也畫出。至此，就可以照問題1的方法畫出聯結兩星的大圓弧，量出它的弧長，就得到兩星間的角距離。

8．在緯度 φ 處已知一星的時角爲 t，赤緯爲 δ，求它的天頂距 z 和地平經度 A。把附錄4的第1圖和附錄4的第2圖看成是天球在子午面上的投影，即兩圖的最外大圓圈爲子午圈。在附錄4的第1圖的大圓周上任選一點 P 作爲天球北極。如已知一星的時角 t＝3時8分＝47°，赤緯 δ＝＋31°，先在附錄4的第1圖上畫出這星的位置 M（把附錄4的第1，2兩圖最外大圓圈重合，P 點和附錄4的第2圖的一個極點重合，則附錄4的第2圖上的經線就是赤經圈，赤道就表示天球赤道，就可以從 t 和 δ 點出 M），如 φ＝56°，則該處所見天極的天頂距爲 90°－φ＝34°，以附錄4第1圖表示赤道系統坐標，附錄4的第2圖表示地平系統坐標，把附錄4的第2圖放正，即一極點在上(天頂)，一極點在下(天底)，保持兩圖的中心重合，把附錄4的第1圖轉到使 P 點在附錄4的第2圖天頂之右相距爲34°處，就可根據附錄4的第2圖讀出 M 點的天頂距 z＝41°，地平經度 A＝73°，即爲所求。又因爲附錄4的第2圖實際上只表示半個天球，所以在求地平經度時必須注意問題中星的時角是東時角還是西時角。

9．求一天體在地球上緯度 φ 處的出沒時刻。如果把附錄4的第1圖和附錄4的第8圖看成是天球在地平面上的投影，這問題就很容易解決了。我們用附錄4的第2圖表示地平坐標系統，用附錄4的第1圖表示赤道坐標系統，即附錄4的第2圖的最外大圓圈代表地平線，圓心代表天頂，通過兩極點的縱向直徑代表南北線，橫向直徑代表東西線；把附錄4的第1圖蒙在附錄4的第2圖上，中心相合，按附錄4的第2圖在從天頂向北 90°－φ 處在附錄4的第1圖上畫出天球北極位置（例如 M），照問題3的方法在附錄4的第1圖上畫出和它相應的赤道（例如 NN'，但須一直畫到和代表地平線的最外大圓圈相交），在這條赤道上標出每隔15°的刻度點（可以移動附錄4的第1圖使這赤道和附錄4的第2圖上某一條通過兩極點的弧線相合，就能標出刻度點），照問題1中所講的方法在附錄4的第1圖上畫出通過天球北極和這些刻度點的大圓弧（兩端都要畫到和代表地平線的最外大圓圈相交）就得到許多時圈弧。假定一星的赤緯爲 δ，我們可以照問題4

中所講的方法在附錄 4 的第 1 圖上畫一條和天球北極相距 $90°-\delta$ 的小圓弧，那麼這就是這星的周日弧，而它和最外大圓圈的交點的時角(從它們附近的時圈弧位置來估計)就是這星在出或沒時的時角，知道了這時角，我們只要把這星的赤經加上這時角，就得到了這星出或沒時的恆星時。

除了上面所講的以外，Г. В. 沃爾夫教授的道著中還詳盡地講到下列各種問題的解法：

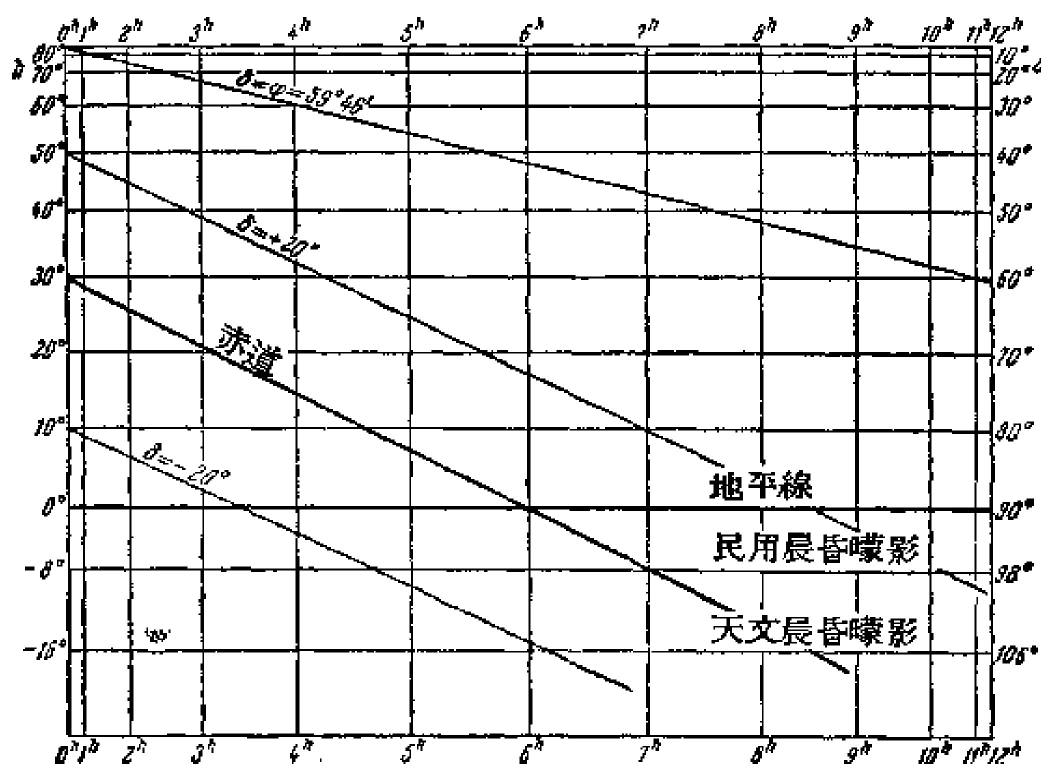
1) 求太陽在某一天的赤緯，
2) 求晨昏曚影的延續時間，
3) 水平式日晷和垂直式日晷的製作，
4) 流星羣輻射點的測定和其他等等。

附錄 5 В. К. 澤拉斯基近似測定天體天頂距和時角用圖*

球面天文學中有一個聯系某一天體的天頂距 z 和時角 t 的公式：

$$\cos z=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t,$$

澤拉斯基的這種圖就是表示這個關係式的。如果假定 $\cos z=y$, $\cos t=x$，則一個天體的周日運動路徑在 x, y 的直角坐標中就是以一條直線 $y=a+bx$ (其中 a 和 b 是決定於緯度 φ 和天體赤緯 δ 的常數) 表示的。但我們不用實際算出 a 和 b 這兩常數的數值，因為只要點出這直線上的 $t=0$時 (即上中天) 和 $t=12$時 (即下中天) 的兩點，馬上就可以畫出



這條直線了。按上面的公式 $t=0$時 則 $z=\pm(\varphi-\delta)$，$t=12$時 則 $z=180°-(\varphi+\delta)$，我們可以對於某一個 φ 算出 δ 為各種不同數值時（例如每隔 10°）這兩個 z 的數值，畫出相應於各種不同 δ 數值的各條直線。下圖中畫出 $\varphi=60°$（列寧格勒的緯度），$\delta=-20°, 0°, +20°$ 和 $+60°$ 的四條直線。注意坐標上的尺度是按 $\cos t$ 和 $\cos z$ 均勻畫的，所以對於 t 和 z 本身的數值就不均勻了。h 是高度，$h=90°-z$。又注意圖中直線一直畫到地平線下，高度 h 為負，即天頂距 z 大於 90° 的區域，這是為了便於求出民用及天文晨昏朦影終了時刻用的。如果把這種圖畫得很大，就可以把刻度畫得很密，畫出更多的這種等赤緯直線，用這種圖所得的計算結果也就更精確。還有就是這圖只表示西半天球，如要表示東半天球，只要把 t 的數值全改成 24時$-t$，其他不變就行了（例如 $\delta=0$ 的天體的升起點時角就等於 18時）。

附錄 6 活動星圖*

活動星圖是用來決定任何日期任何時間星空可見情况的。它分兩部分，用時應該把它們裝成一整體。最好要把星圖和疊放圖都粘在一張硬紙或一張膠板上，並用彫凸花的鋸子把它們準確地鋸出。然後把星圖放在疊放圖與一面形狀和疊放圖相同的小板之間，把疊放圖和這面小板貼緊；應該先在它們之間放入比星圖稍厚的襯紙，再用四對"小鈎"把它們貼緊，並且一定要把圖固定在一根裝牢在小板中的軸上。

星圖邊緣上標有赤經及月份，日期。疊放圖上有好些條表示不同緯度處地平線的曲線。應該割一個和觀測地緯度相適合的切口，準確地把它鋸出。把星圖旋轉到日期和觀測的鐘點（在疊放圖的圓周上標有鐘點數）相合，這時疊放圖的切口就顯示出當時當地所能見的星空部分。用這種活動星圖可以求出任一天體的出沒時刻，它在地平線之上所經歷的時間，它過子午線時的高度及其他等等。

附錄 7 整理太陽觀測結果用的正交坐標圖

（見書末附圖）

附錄 8 整理行星觀測結果用的坐標圖

（見書末附圖）

附錄 9 時 區 圖

（見書末附圖）

* 見書末附圖。

譯 後 記

隨着祖國社會主義建設高潮的來到，毛主席的“學習蘇聯”的號召已經成爲各項工作巨大的推動力量。天文科學是一門基礎的自然科學，它在人類對大自然的認識和理解，在唯物宇宙觀的建立以及在實用方面都具有相當重大的意義。三十多年來蘇聯的天文學已經創造出許多卓越的研究成果和豐碩的經驗，這是蘇聯學者對世界文化的重大貢獻，値得我們尊重和學習。因此，翻譯介紹蘇聯的天文學著作是我們的一項重要的任務。

“天文愛好者手册”是一本優秀的蘇聯天文讀物。它雖不是專門的天文著作，但也不同於一般的通俗讀物。這本書能够使初學者了解天文學的全貌，對業餘愛好者所能進行的各種天文觀測工作，作了詳盡的敍述。書中載有大量的圖片和種類繁多的珍貴的數據資料。這些內容對天文愛好者是良好的學習資料，並且對天文工作者也具有一定的參考價値。從 1952 年起，紫金山天文台的同志們幾度希望把這本書譯成中文。到 1954 年 5 月，我台正式成立翻譯小組，開始用集體方式進行這項翻譯工作。參加翻譯小組的有孫克定、鄒儀新、陳彪、沈良照、李競、李杬、葉式煇、張家祥、濮德紹等九位同志。

我們的翻譯工作得到了原著者庫利考夫斯基教授熱情的關懷和支持。他給我們寄來了這本書的 1954 年最新版，詳細地改正了原書中一些小的錯誤，並把原書採用的蘇聯天文台所拍攝的天文照片（主要是阿拉木圖天體物理觀象台 500—670 毫米馬克蘇托夫式望遠鏡所拍攝的星雲照片）的原圖寄來，供給中譯本製版時使用。此外，他還應我們的請求爲中譯本撰寫了一篇序言，並對我們的翻譯工作提出了許多寶貴的建議。這種熱情的幫助給我們巨大的鼓舞，也使我們進一步體會到中蘇兩國人民的深厚友誼。我們在這裏謹向庫利考

夫斯基教授表示衷心的感謝！本書譯成後承紫金山天文台台長張鈺哲先生校閱譯稿，我們也在這裏向他致謝！

在本書翻譯過程中，我們根據實際情況作了一些修改和補充，希望這樣對中國讀者能更爲適合。並希望中譯本對我國的廣大讀者，尤其是青年同志認識和了解天文科學能發揮一定的作用。最後需要談到，我們對集體翻譯工作缺乏經驗，翻譯和審校還不够仔細，因此譯本中可能還有不少的缺陷，希望讀者多多指正！

孫克定

1955年2月14日，中蘇友好同盟互助條約簽訂五週年紀念日於南京紫金山天文台